

Koblenzer Nacht der Technik

Strom aus der Wüste

Science Fiction oder realistische Zukunftsvision?

Dipl.-Ing. Klaus Hennecke

DLR Institut für Solarforschung



Knowledge for Tomorrow



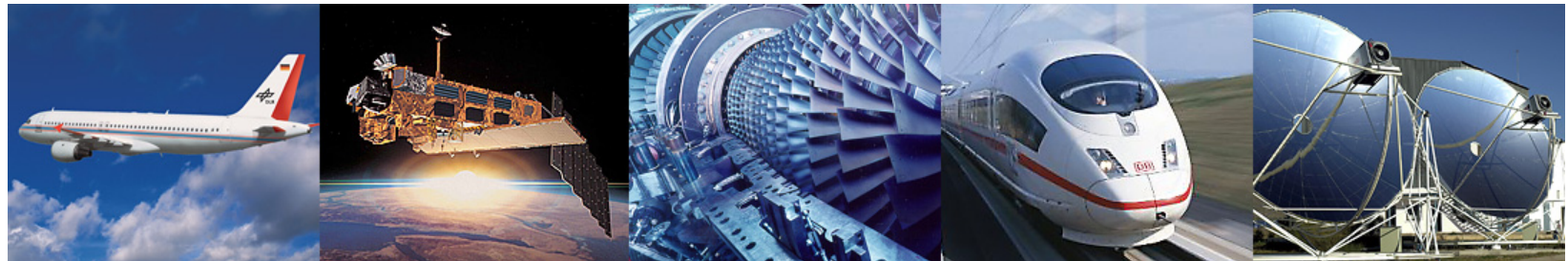
Inhalt und Danksagung

- Kurzvorstellung DLR Solarforschung
- Energiewende
 - Warum?
 - Wo stehen wir?
- Solarthermische Kraftwerke
 - Konzept
 - Technologien
 - Beispiele
- DESERTEC
 - Konzept
 - Hintergründe
 - Nebenwirkungen
- Zusammenfassung

Der Vortragende dankt allen Kolleginnen und Kollegen im Institut für Solarforschung und im Institut für Technische Thermodynamik für die freundliche Überlassung von Materialien für diese Präsentation.



Das DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



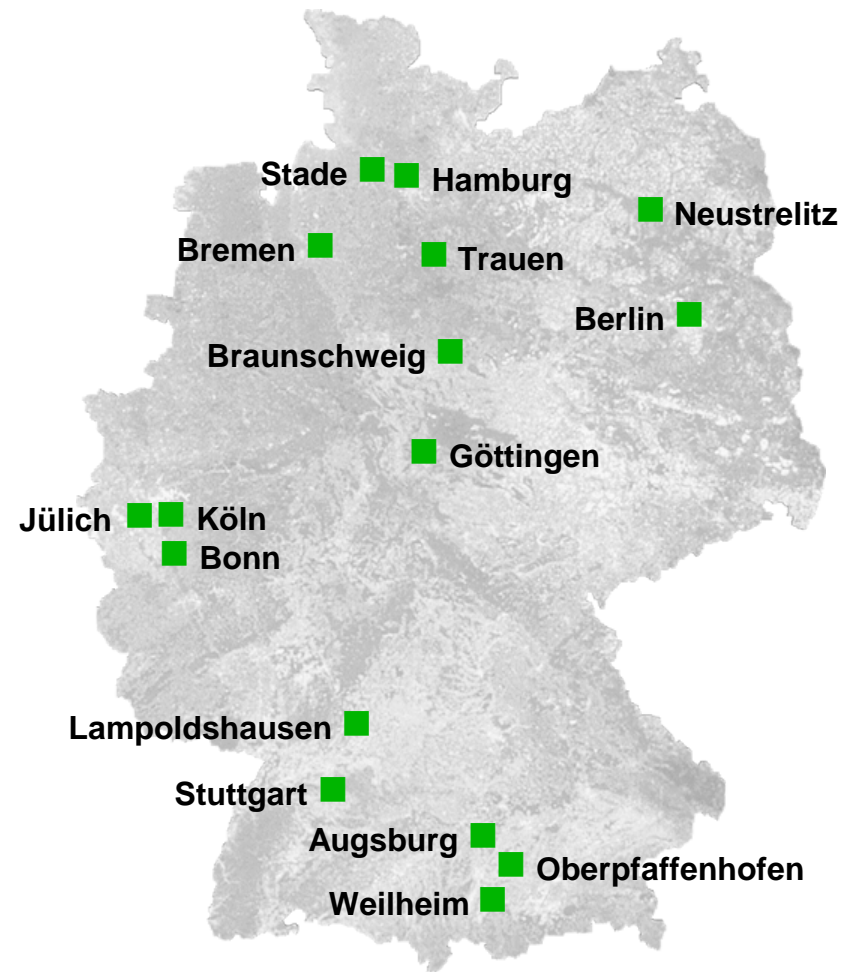
- Forschungseinrichtung
- Raumfahrt-Agentur
- Projektträger



Standorte und Personal

Circa 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in 32 Instituten und Einrichtungen in
■ 16 Standorten.

Büros in Brüssel,
Paris und Washington.



Institut für Solarforschung

Forschungsthema:

Konzentrierende Solarsysteme zur Produktion von Elektrizität, Prozesswärme und Brennstoffen

Mission:

Entwicklung konzentrierender Solarsysteme für eine nachhaltige Energieversorgung

Ziele:

kurzfristig:

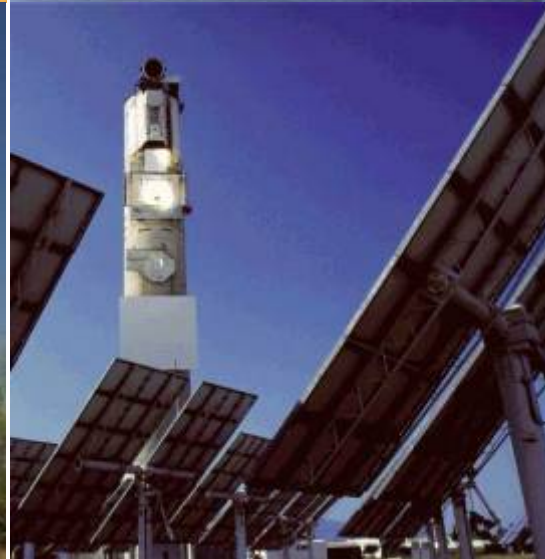
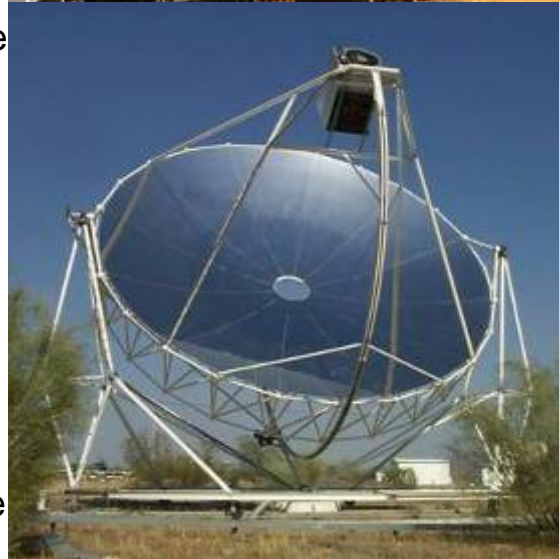
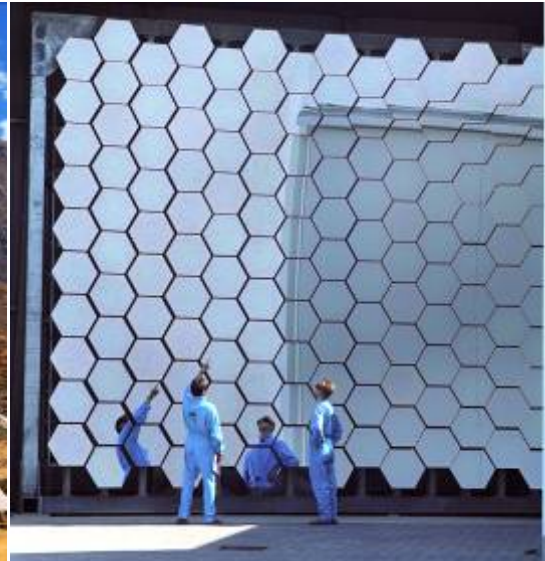
Unterstützung der Industrie bei der Implementierung der ersten Solarkraftwerke im Sonnengürtel der Erde

mittelfristig:

Beiträge zur Kostensenkung und zum nachhaltigen Marktdurchbruch (u.A. durch Erhöhung der Betriebstemperatur)

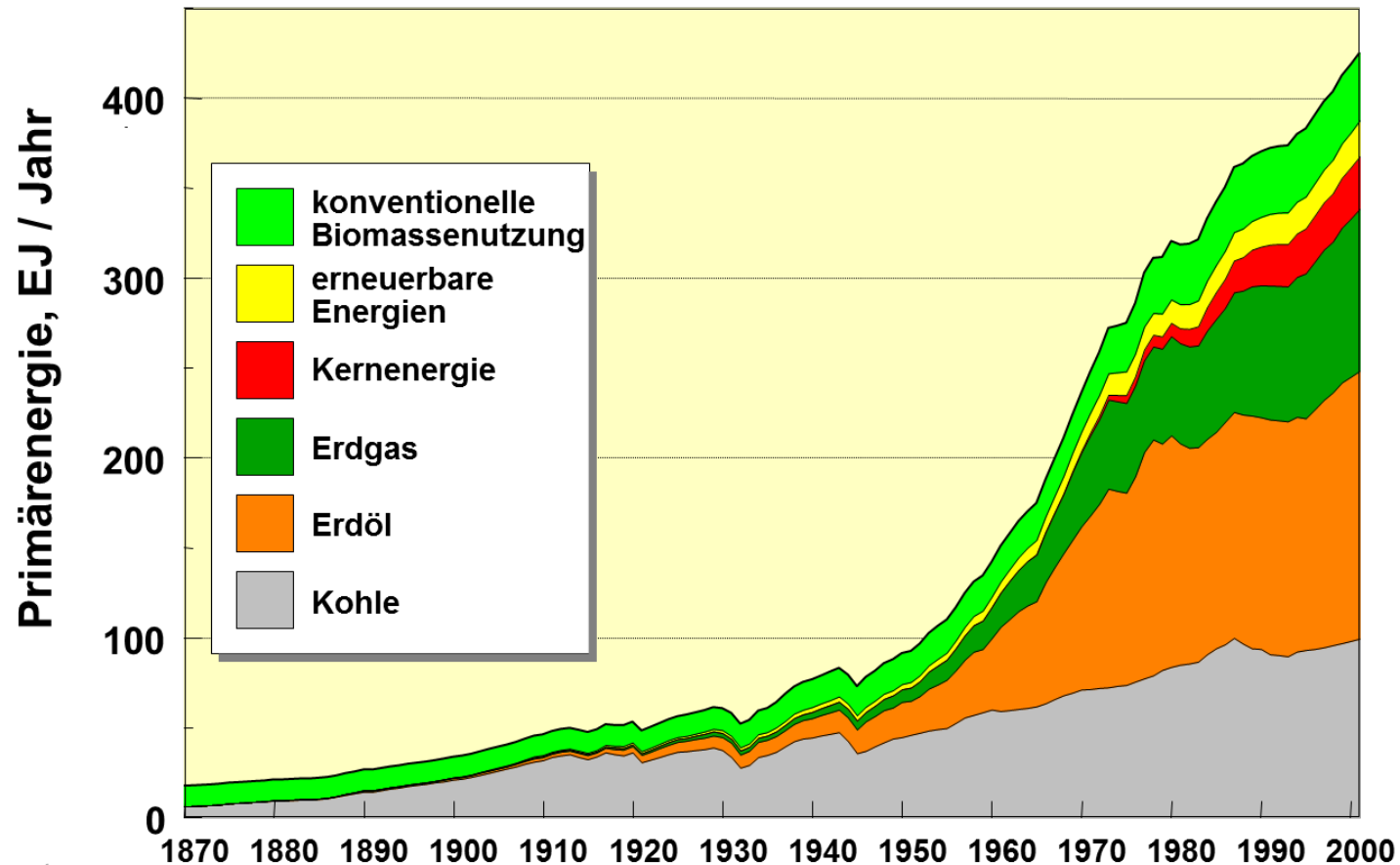
langfristig:

Erforschung der Optionen zur chemischen Speicherung von Solarstrahlung (auch Brennstoffherzeugung) durch thermochemische Hochtemperaturprozesse



Energiewende – Warum?

Weltweiter Primärenergieverbrauch von 1870 bis 2001



Energiekonzept als Grundpfeiler der Energiewende

	Klima	Erneuerbare Energien		Effizienz				
	Treibhaus-gase (vs. 1990)	Anteil Strom	Anteil gesamt	Primär-energie	Strom	Energie-produktivität	Verkehr	Gebäude-sanierung
2020	- 40 %	35%	18%	- 20%	-10%	steigern auf 2,1%/a	-10 %	Rate verdoppeln 1% -> 2% bis 2020
2030	- 55 %	50%	30%	⋮	⋮			Minderung Wärmebedarfs um 20%
2040	- 70 %	65%	45%	▼	▼			bis 2050
2050	- 80-95 %	80%	60%	- 50%	-25%		- 40 %	Minderung PEV um 80%

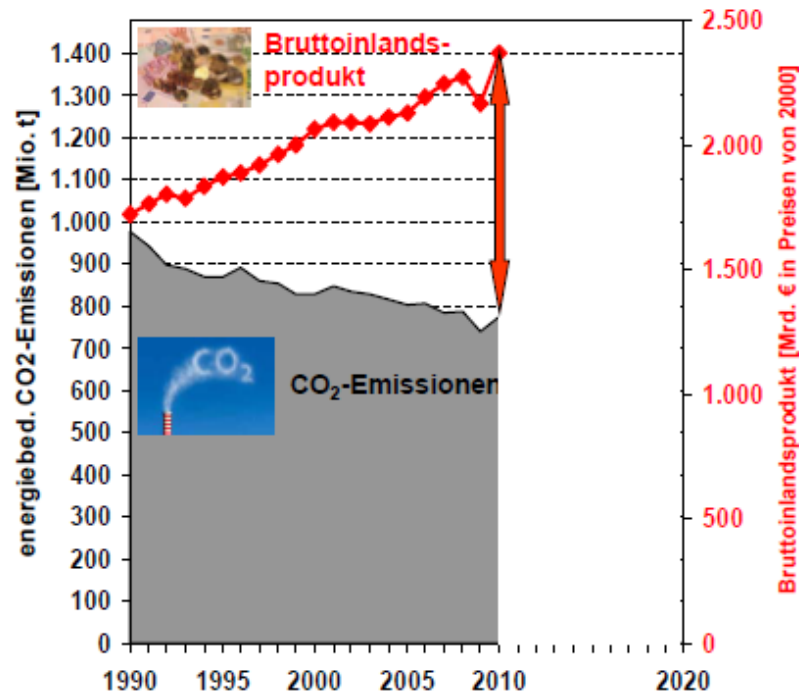
Quelle: Schafhausen 2011



Energiewende – Wo stehen wir heute?

FVEE – Jahrestagung 2013: Forschung für ein nachhaltiges Strom-Wärme-System

Transformation des Energiesystems – Treiber Klimaschutz



Relativer Klimaschutzerfolg

In Deutschland ist es gelungen, Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen zu entkoppeln: Die CO₂-Emissionen bezogen auf die Wirtschaftsleistung sind heute nur noch gut halb so hoch wie vor 20 Jahren.

Absoluter Klimaschutzerfolg

Die energiebedingten CO₂-Emissionen konnten bis 2010 um 21% reduziert werden (bis 2011 sogar um 26%, 2012 sind sie jedoch wieder leicht angestiegen).

Quelle: Bundeswirtschaftsministerium



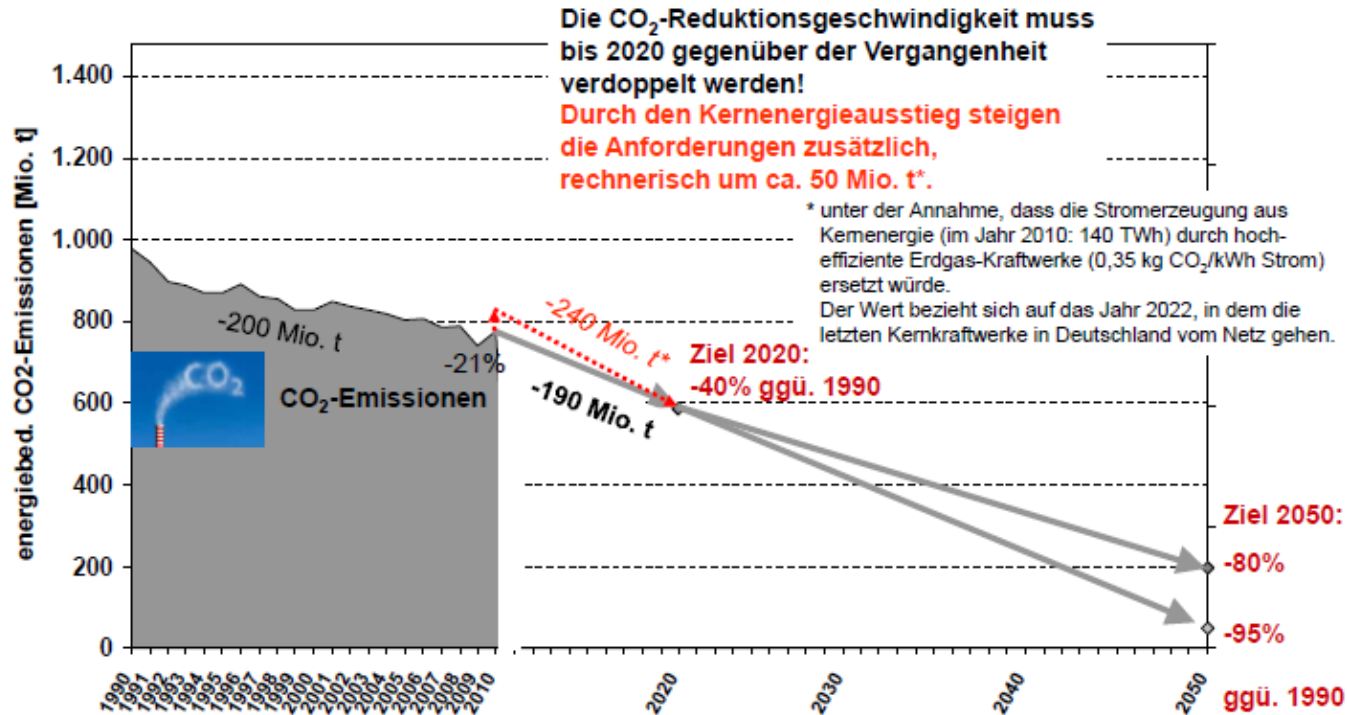
Quelle: Maike Schmidt, 2013



Energiewende – Wo stehen wir heute?

FVEE – Jahrestagung 2013: Forschung für ein nachhaltiges Strom-Wärme-System

Transformation des Energiesystems – Treiber Klimaschutz



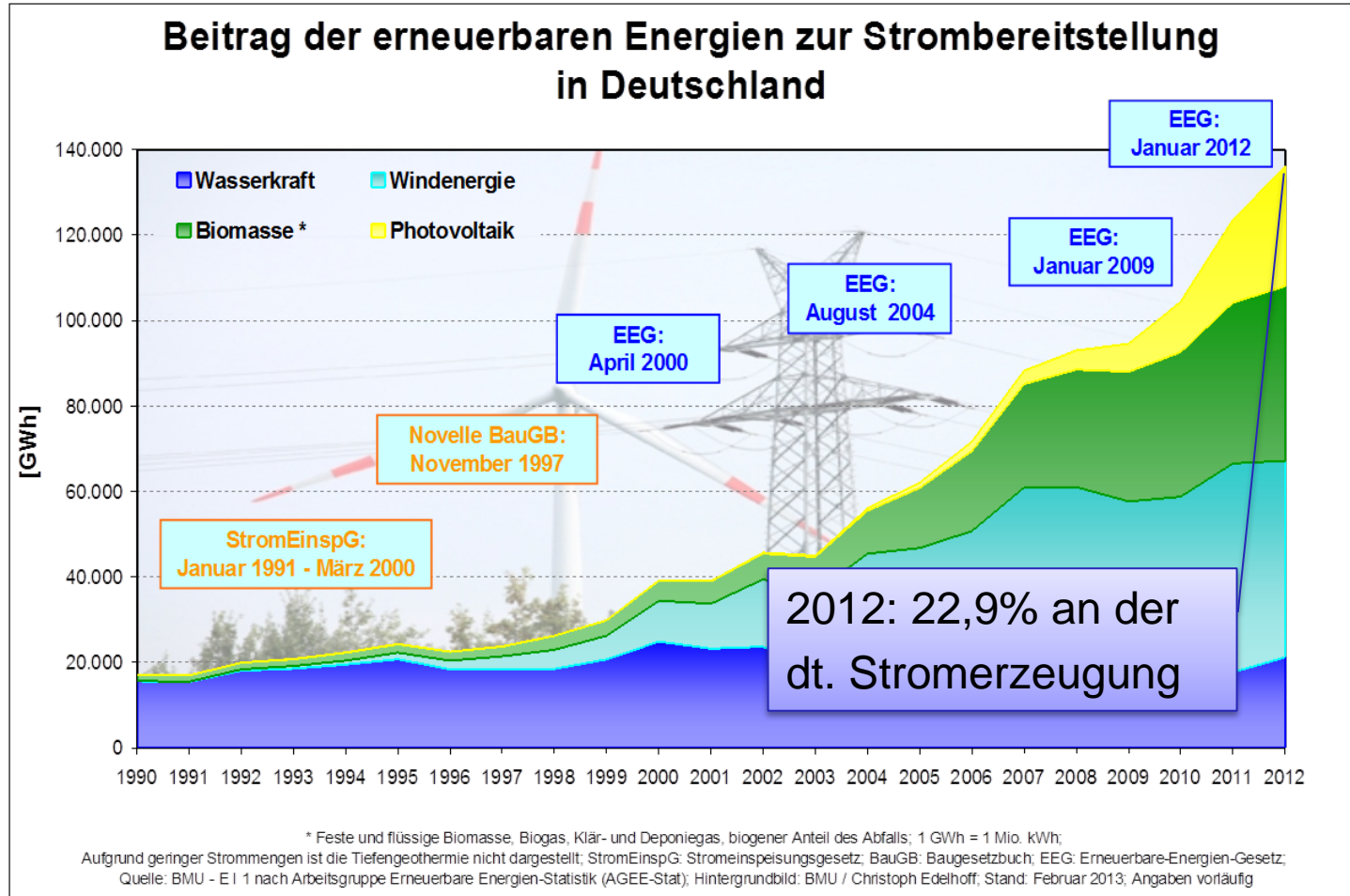
Quelle: Bundeswirtschaftsministerium



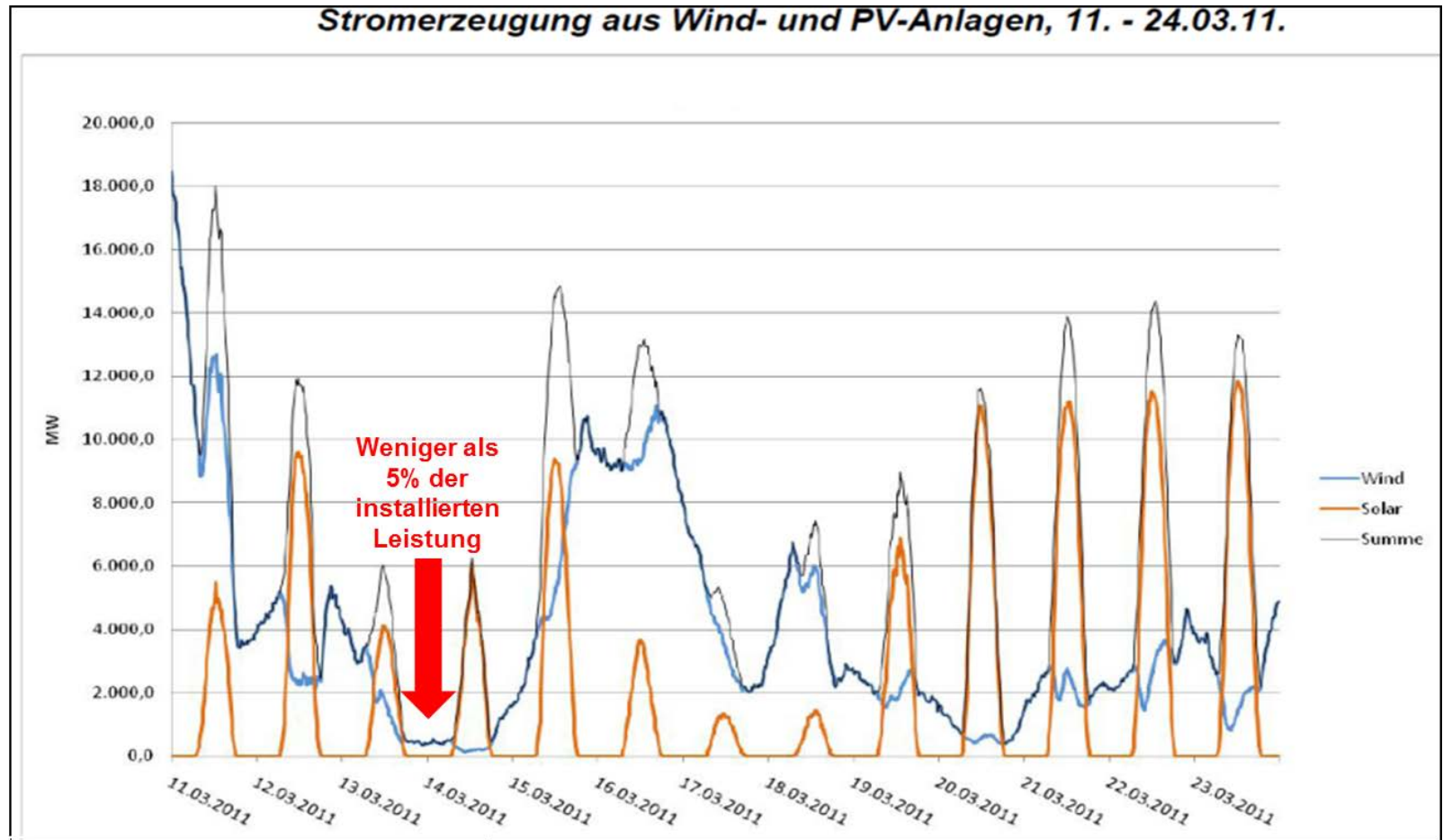
Quelle: Maike Schmidt, 2013



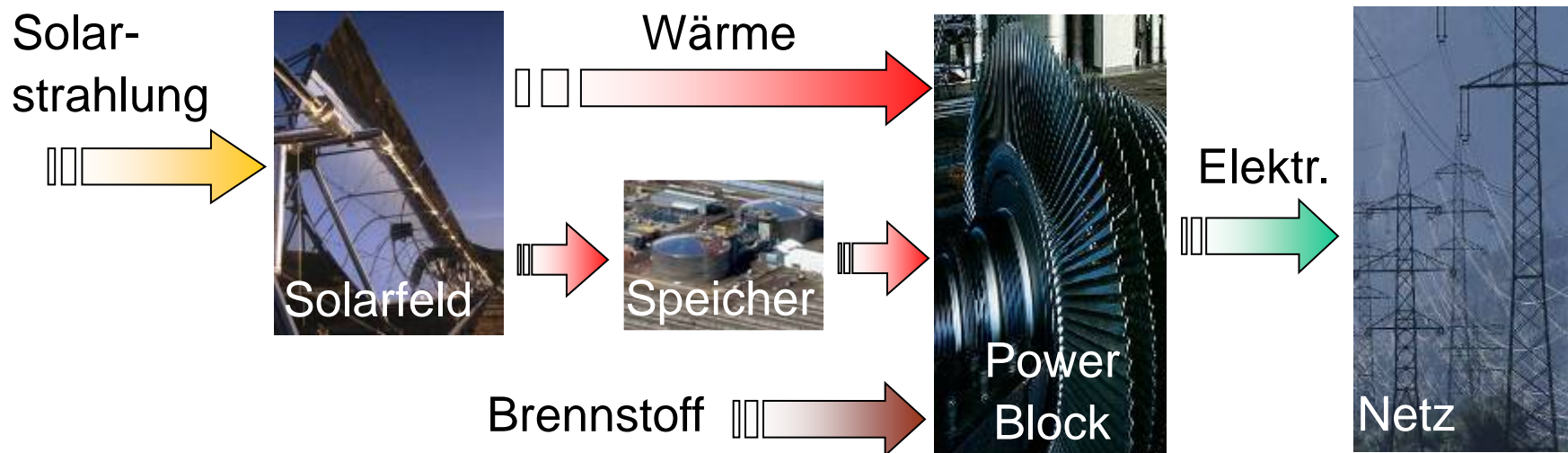
Energiewende – wo stehen wir heute?



Energiewende versus Versorgungssicherheit?



Solarthermische Kraftwerke - Konzept



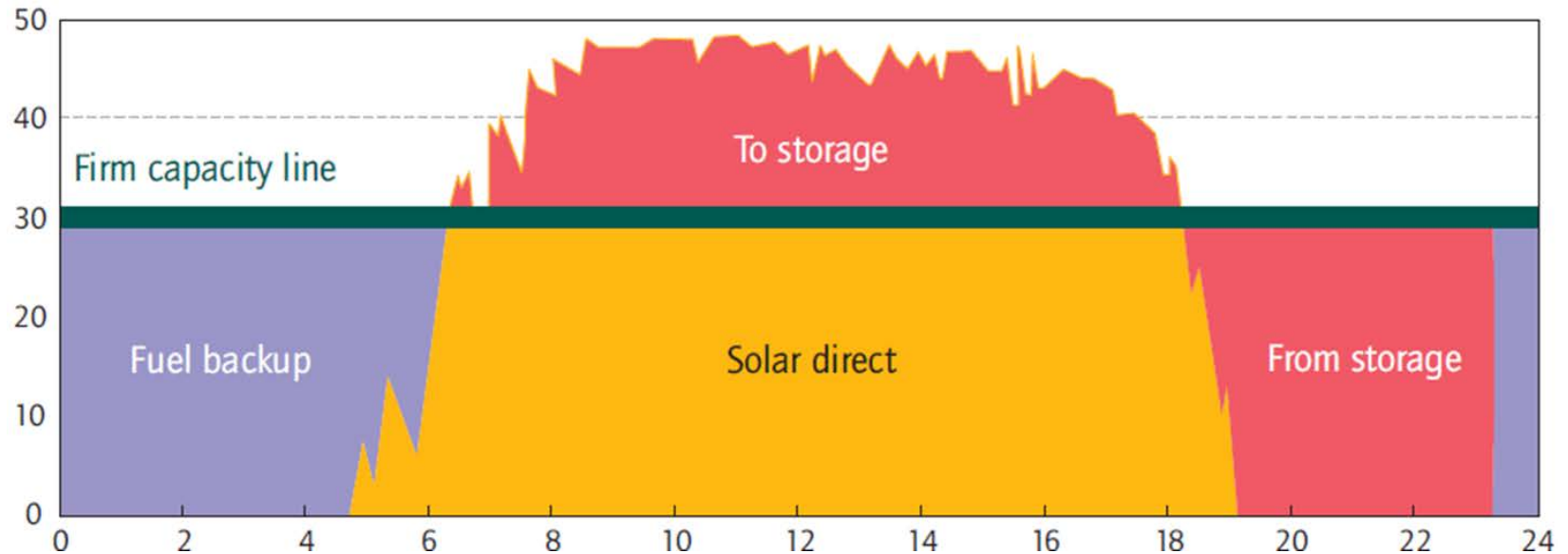
Solare Stromerzeugung

Integrierte Zusatzfeuerung zur Bereitstellung gesicherter Leistung

Integrierte Wärmespeicherung zur Steigerung des Solarbeitrags



Solarthermische Kraftwerke - Konzept



- Solare Überschüsse als Wärme speichern
- In sonnenarmen Zeiten Kraftwerksbetrieb aus dem Wärmespeicher
- Bei leerem Speicher Kraftwerksbetrieb mit Zusatzfeuerung
- Gesicherte Stromerzeugung entsprechend Nachfrage



Konzentrierende Solartechnologien



Dish-Stirling



Solarturm



Parabolrinne



Linear Fresnel



Parabolrinnen – ausgereifteste Technologie

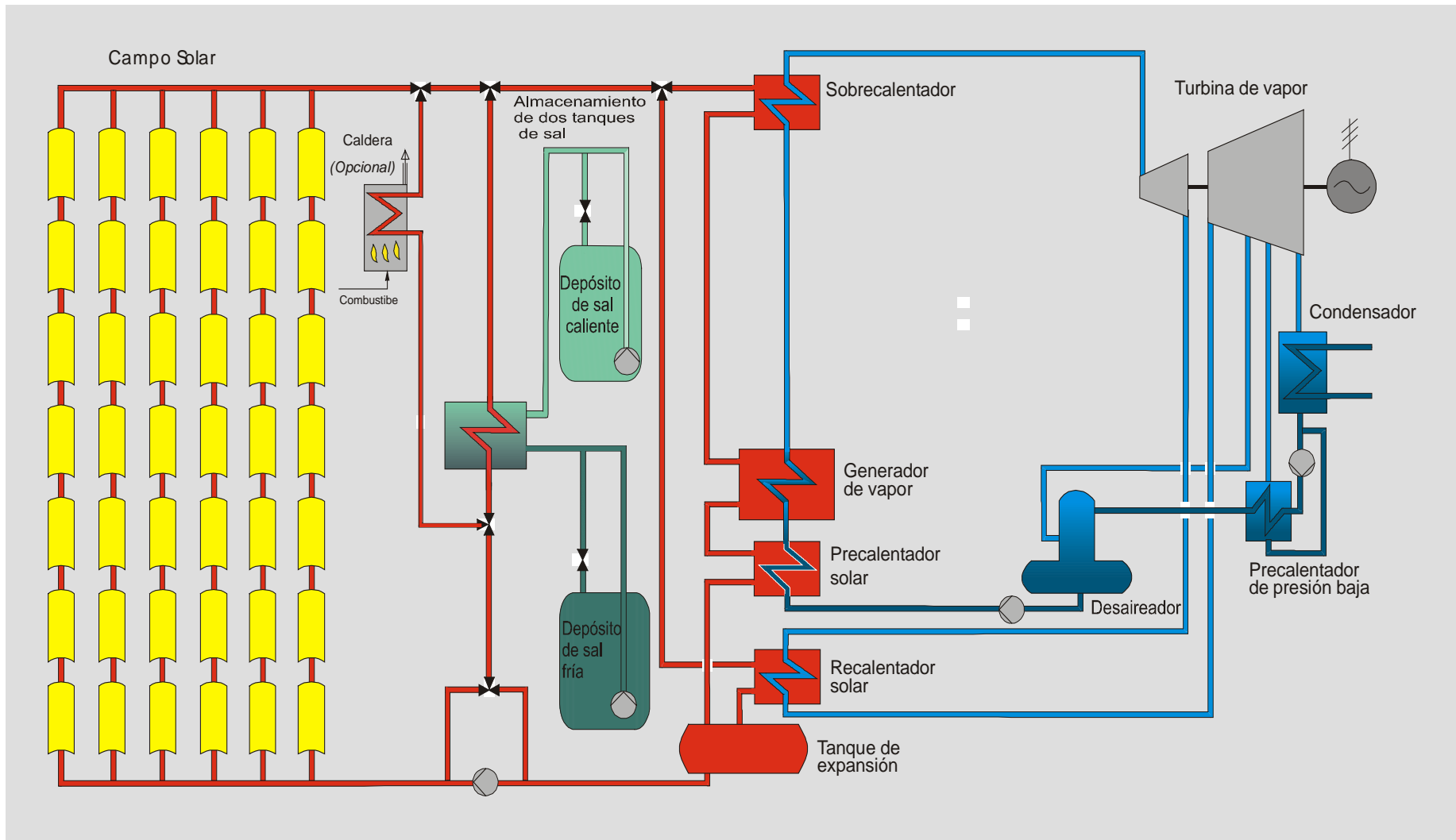


Andasol 1, 2, 3 Parabolrinnen-Kraftwerke Guadix, Spanien

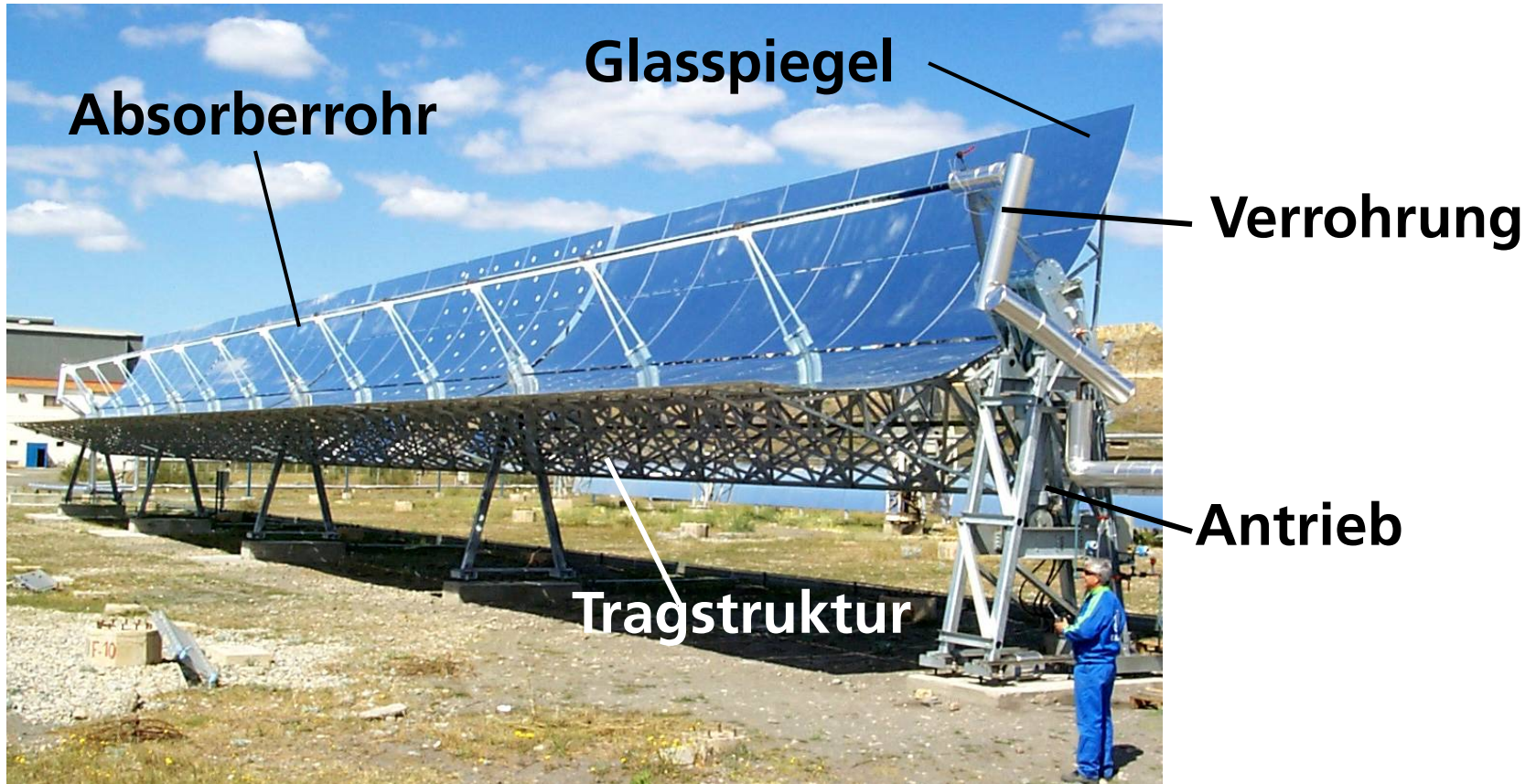
3x 50 MW, 3700 Volllaststunden



Anlagenschema Andasol (50 MW; 7,5h Speicher)



Einzelkomponenten Kollektor



Eurotrough-Kollektor

Schlüsselkomponente Absorberrohr



Technologie-Trends: Direkte Dampferzeugung im Solarfeld

5 MW Kraftwerk in
Kanchanaburi (Thailand)
Heißdampf 330 ° C
(Solarlite)

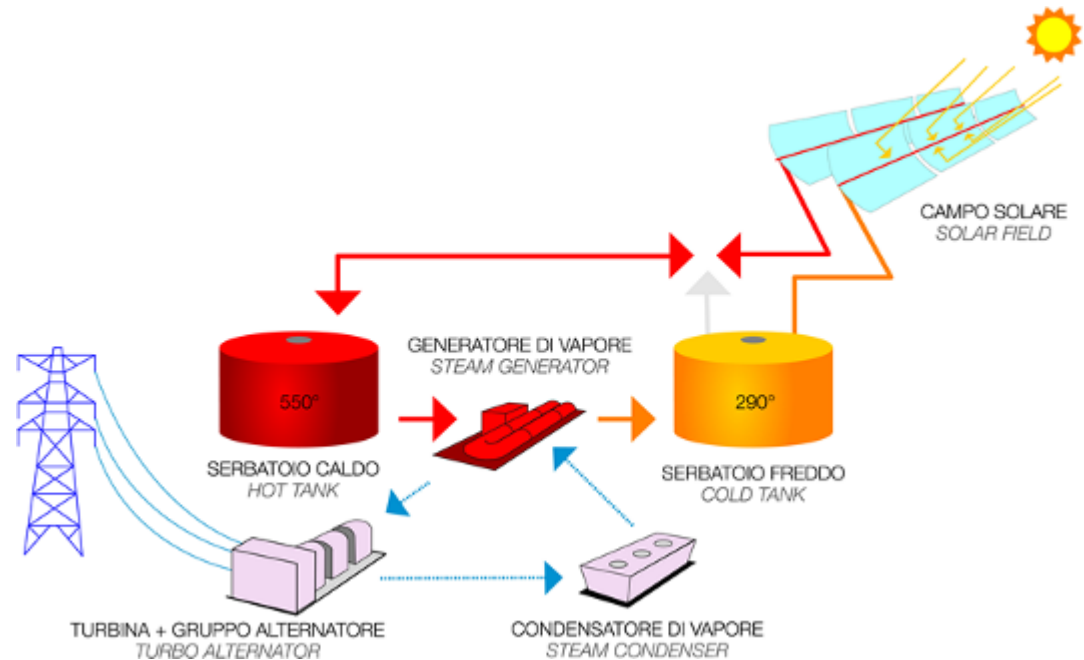


30 MW Linear Fresnel
System in Murcia (Spanien)
Sattdampf 270 ° C
(Novatec)



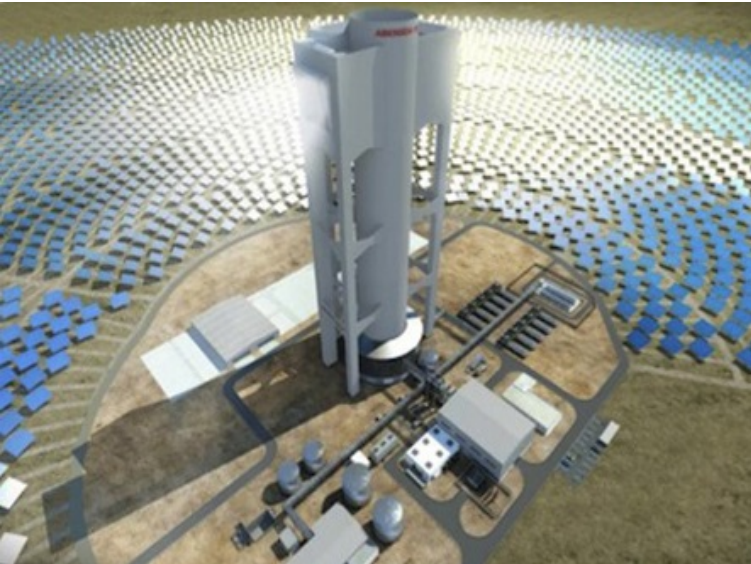
Technologie-Trends: Flüssiges Salz in Parabolrinnen

- 5 MW Pilotanlage in Sizilien, integriert in ein kombiniertes Gas- und Dampfkraftwerk (Archimede)
- 500 °C überhitzter Dampf
- integrierter Speicher

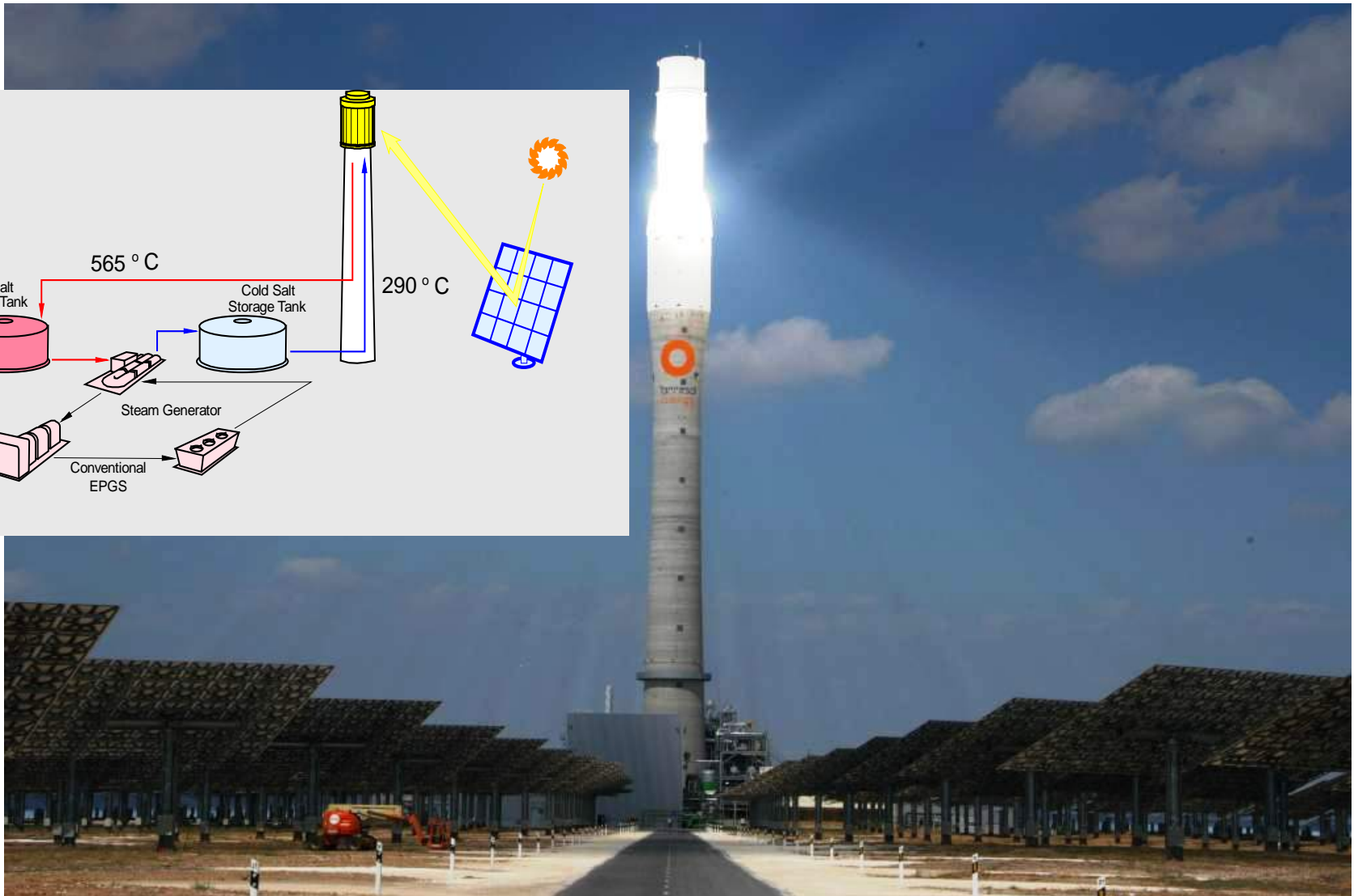
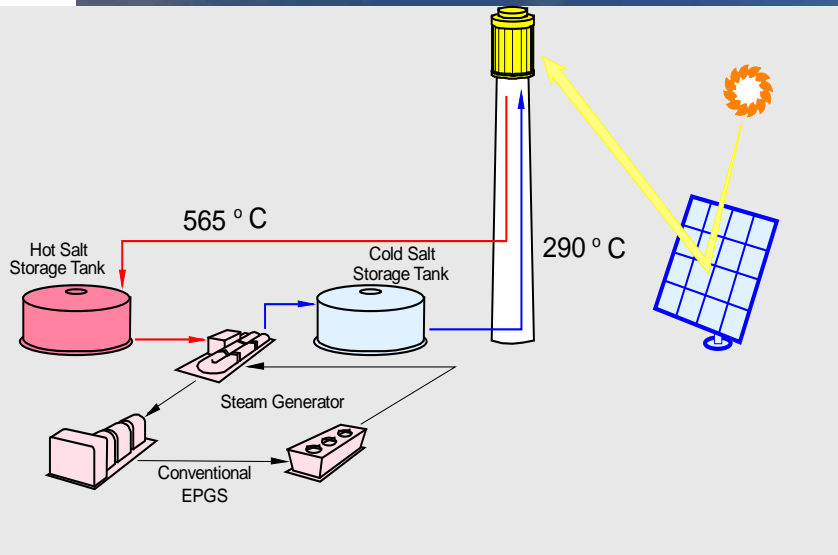


Solarturm

**Sanlucar PS 10 +20 MW Abeng
Khi Südafrika 50 MW**



Solarturm - Gemasolar 20 MW Torresol Spanien



Solarturmprojekte USA

Ivanpah-CA 3x123 MW BrightSource

Tonopah-NV 110 MW SolarReserve

Lancaster-CA 5/46 MW eSolar



Heliostatfelder

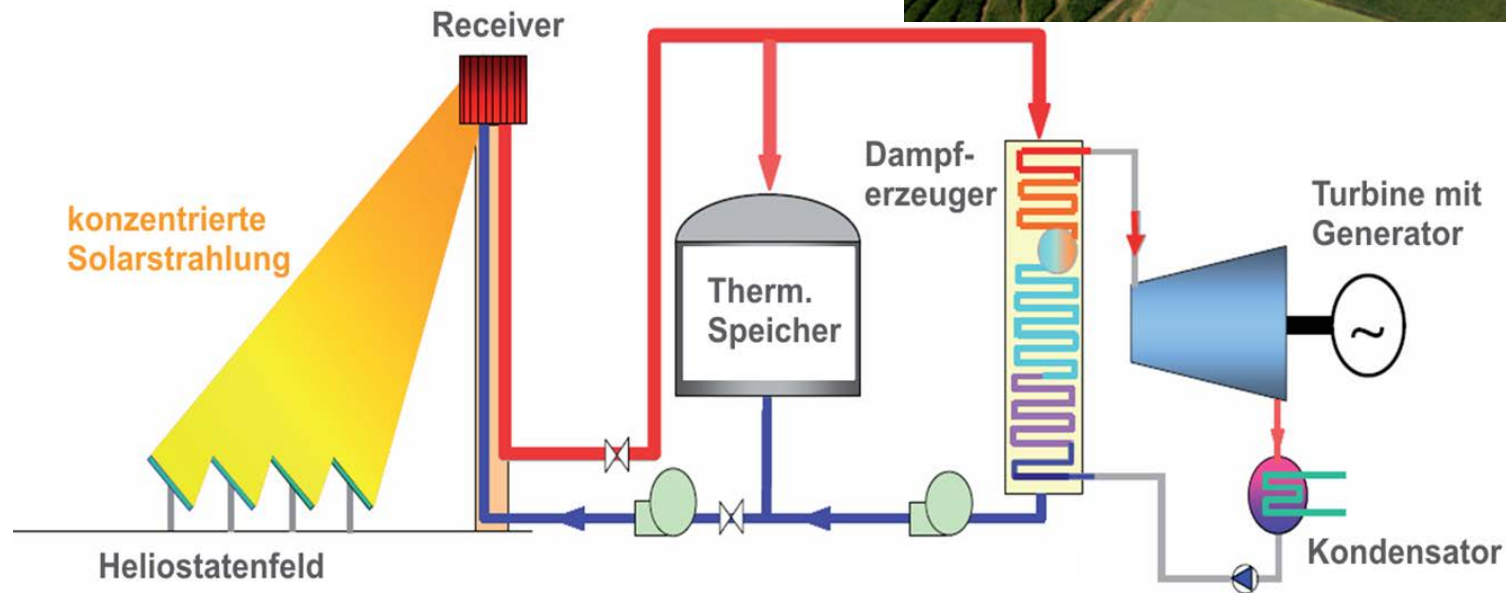


Receiver



Solarturm Jülich - Luft als Wärmeträgermedium

- 1,5 MWe
- 1h Speicher
- 18.000 m² Heliostatfeld
- Kraftanlagen München / DLR

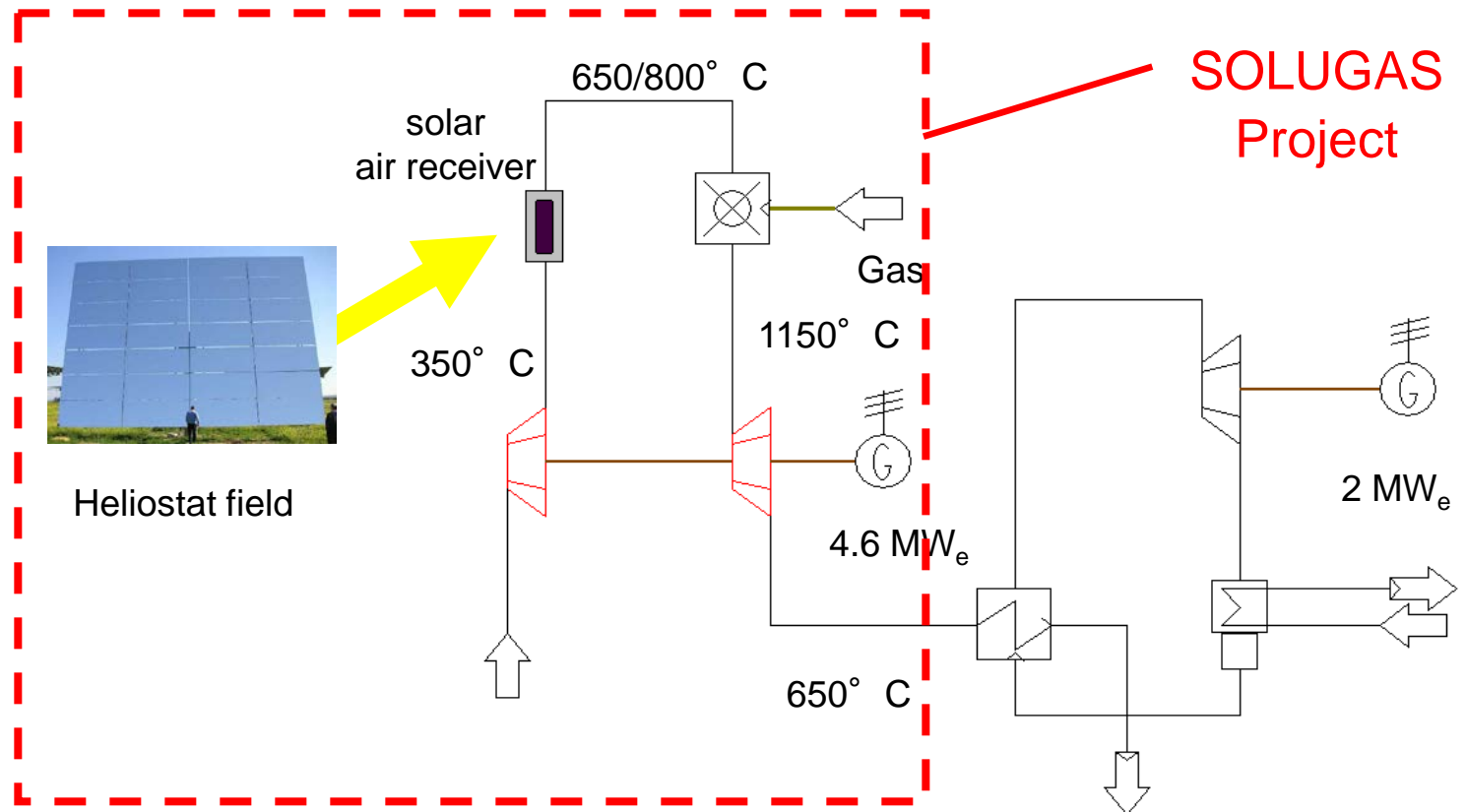


Solarturm Jülich - Luft als Wärmeträgermedium

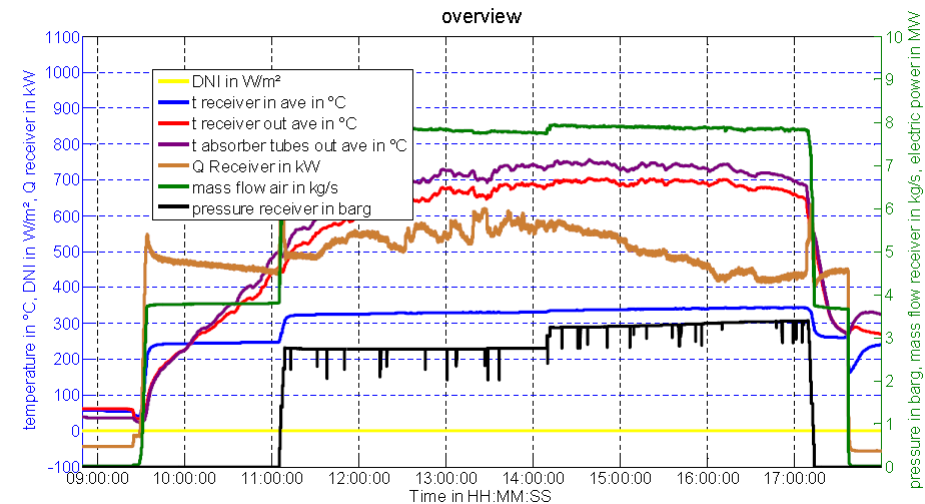
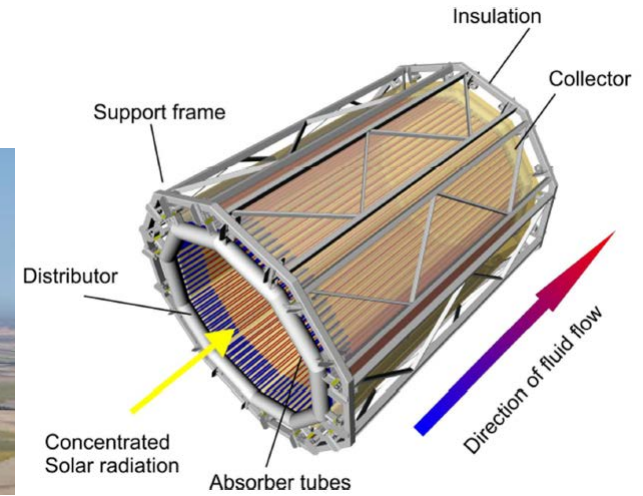


Technologietrend: Solar-hybrides Gasturbinen Kraftwerk

- Industriepartner: ABENGOA
- Demonstrationsanlage bei Sevilla, Spanien
- Solare Aufheizung der komprimierten Luft



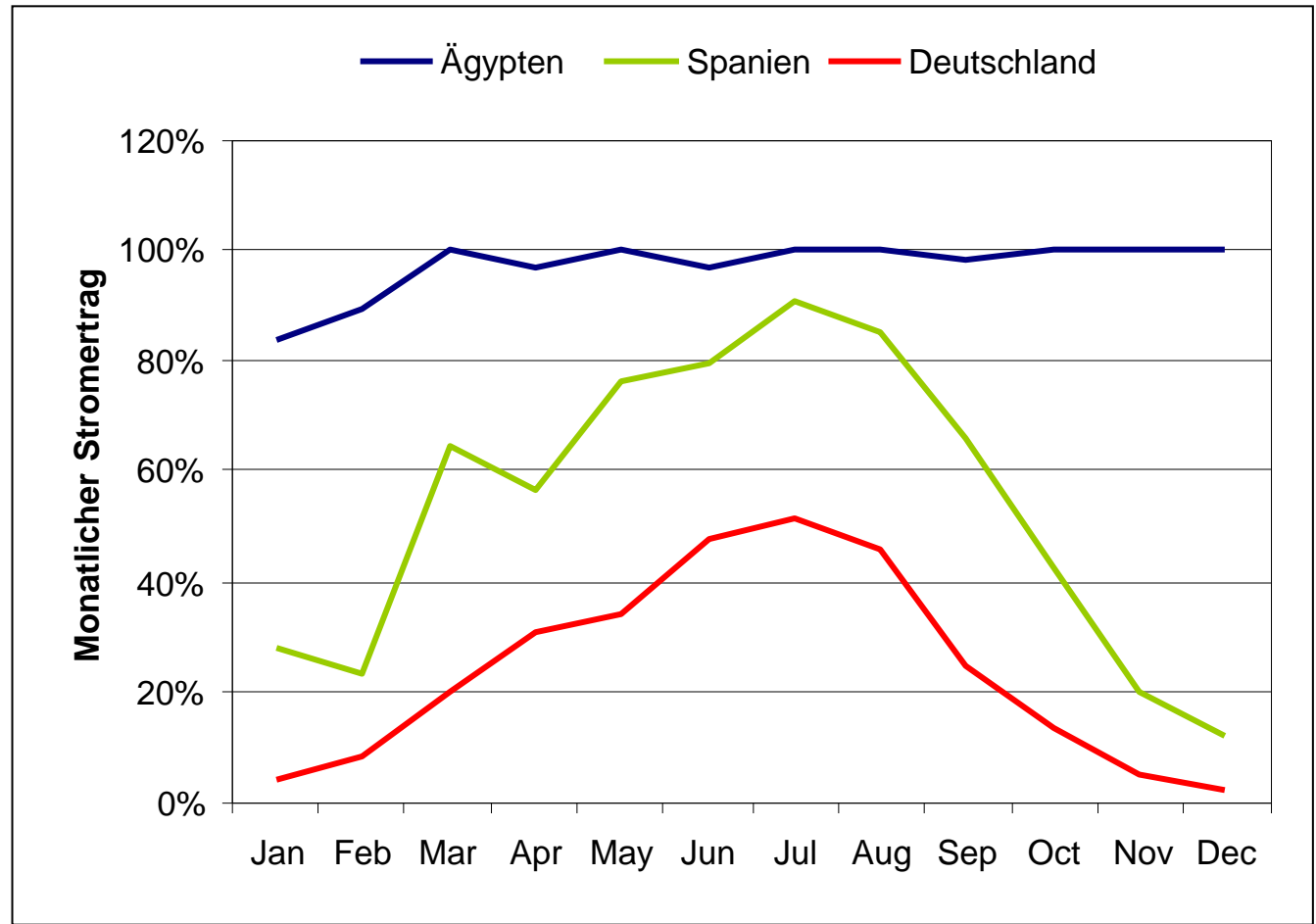
Highlight 2012: SOLUGAS erreicht 700° C



Verfügbarkeit solarthermischer Kraftwerke

CSP Layout:
Solar Multiple 4
Solar Only

MENA Vorteile:
Sonnentage
Sonnenstand



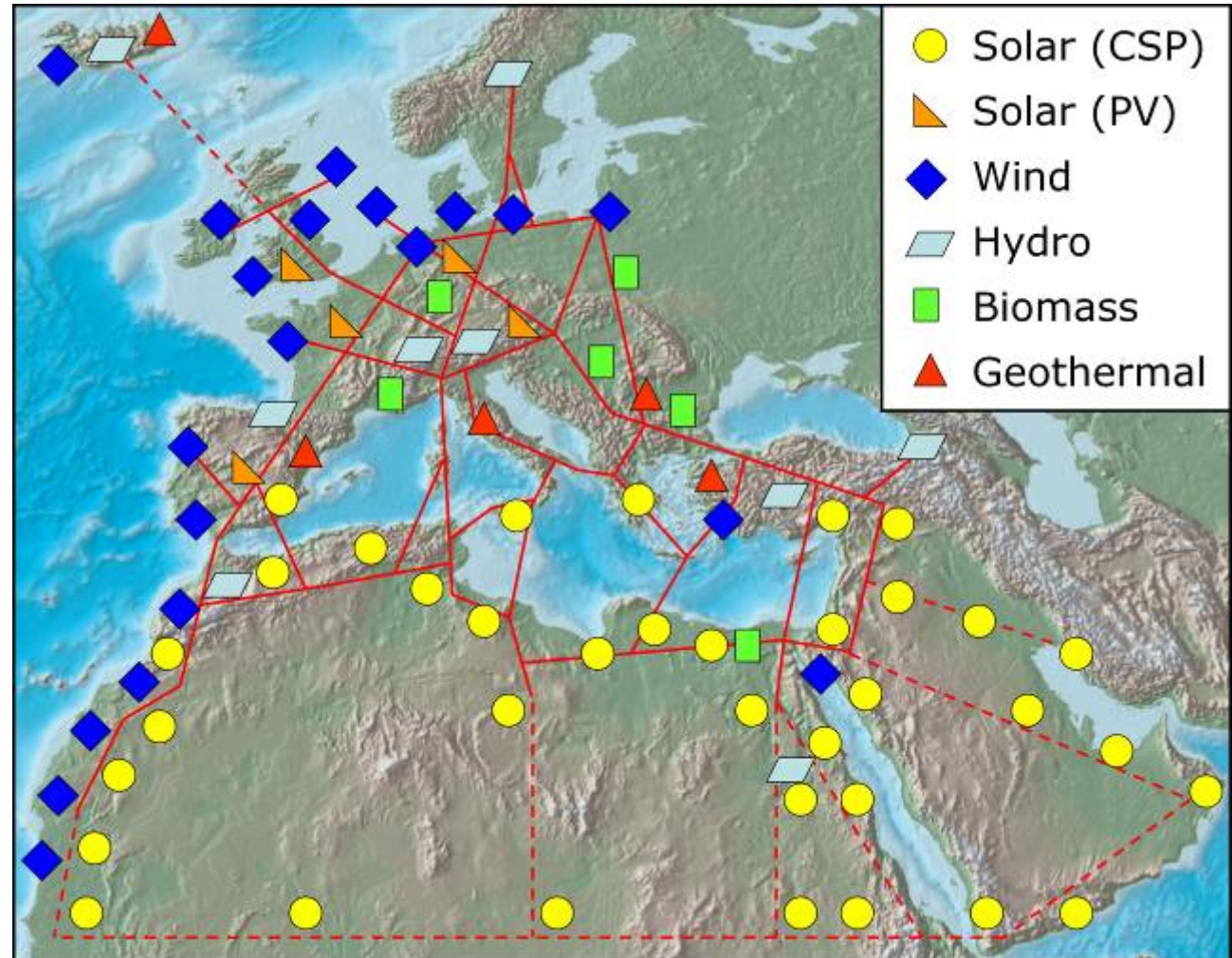
DESERTEC Vision: HGÜ-Stromautobahnen verbinden gute Produktionsstandorte mit großen Verbrauchszentren

TREC

Clean Power from the Deserts
Trans-Mediterranean
Renewable Energy Cooperation
In conjunction with The Club of Rome



DESERTEC
FOUNDATION



HGÜ-Leitungen in China

HGÜ

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

HVDC

High-Voltage-Direct-Current Transmission



Spannung: ± 800.000 Volt

Leistung: 6400 Megawatt

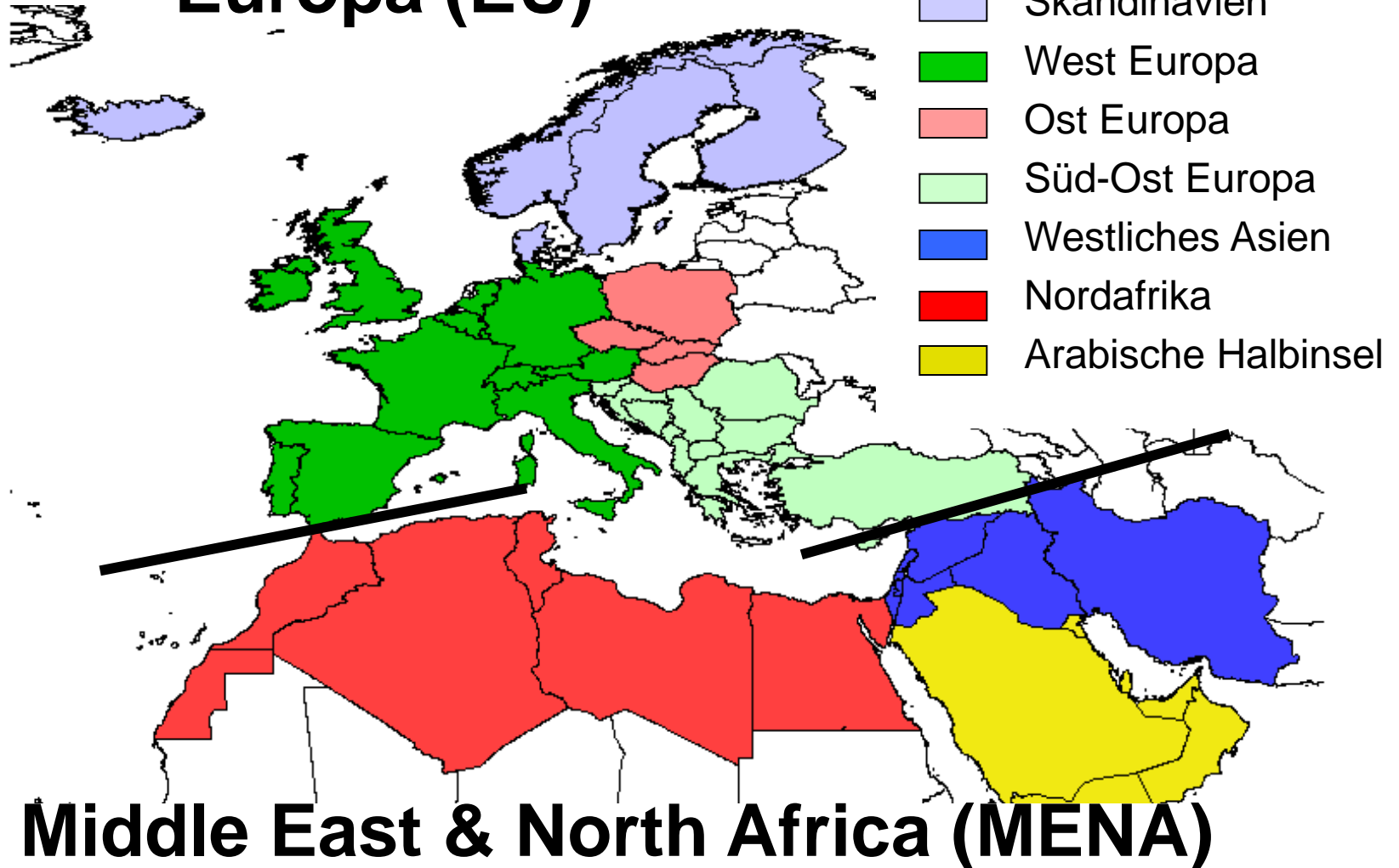
Länge: 2070 km

Quelle: Wasserkraft



Insgesamt 50 Länder untersucht

Europa (EU)



Erneuerbare Energietechnologien



Wasserkraft



Solarthermische Kraftwerke



Biomasse



Geothermie



Gezeiten



Wellen



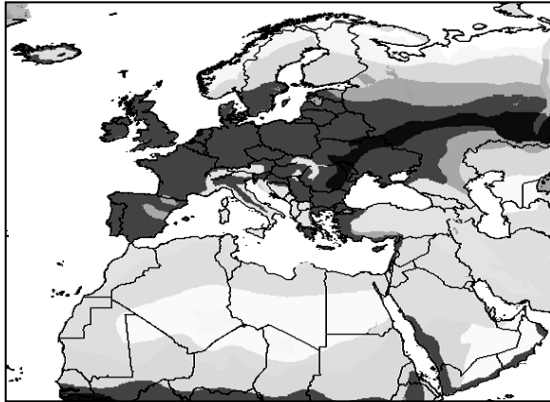
Photovoltaik



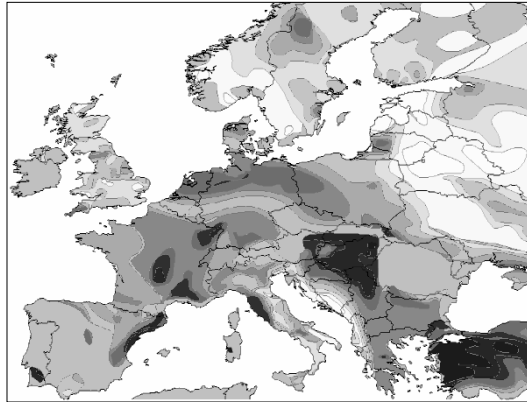
Windkraft

Erneuerbare Energiepotenziale in Europa, Mittlerer Osten, Nordafrika

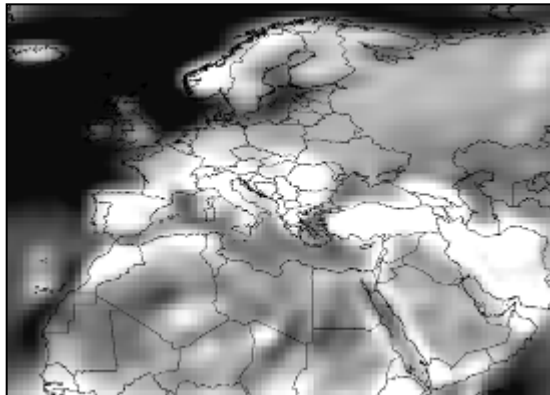
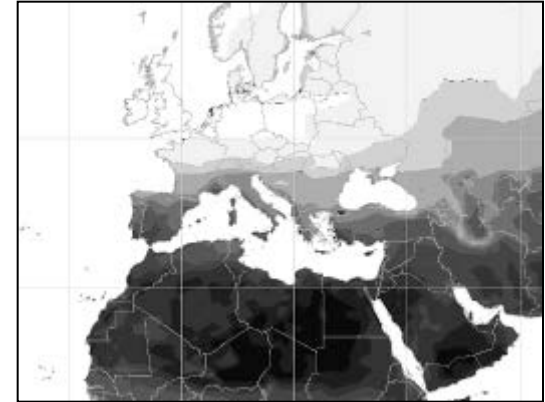
Biomasse (0-1)



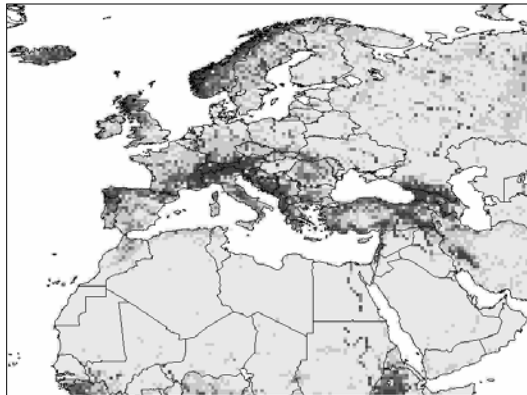
Geothermie (0-1)



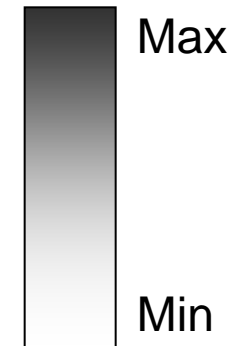
Solar (10-250)



Windkraft (5-50)



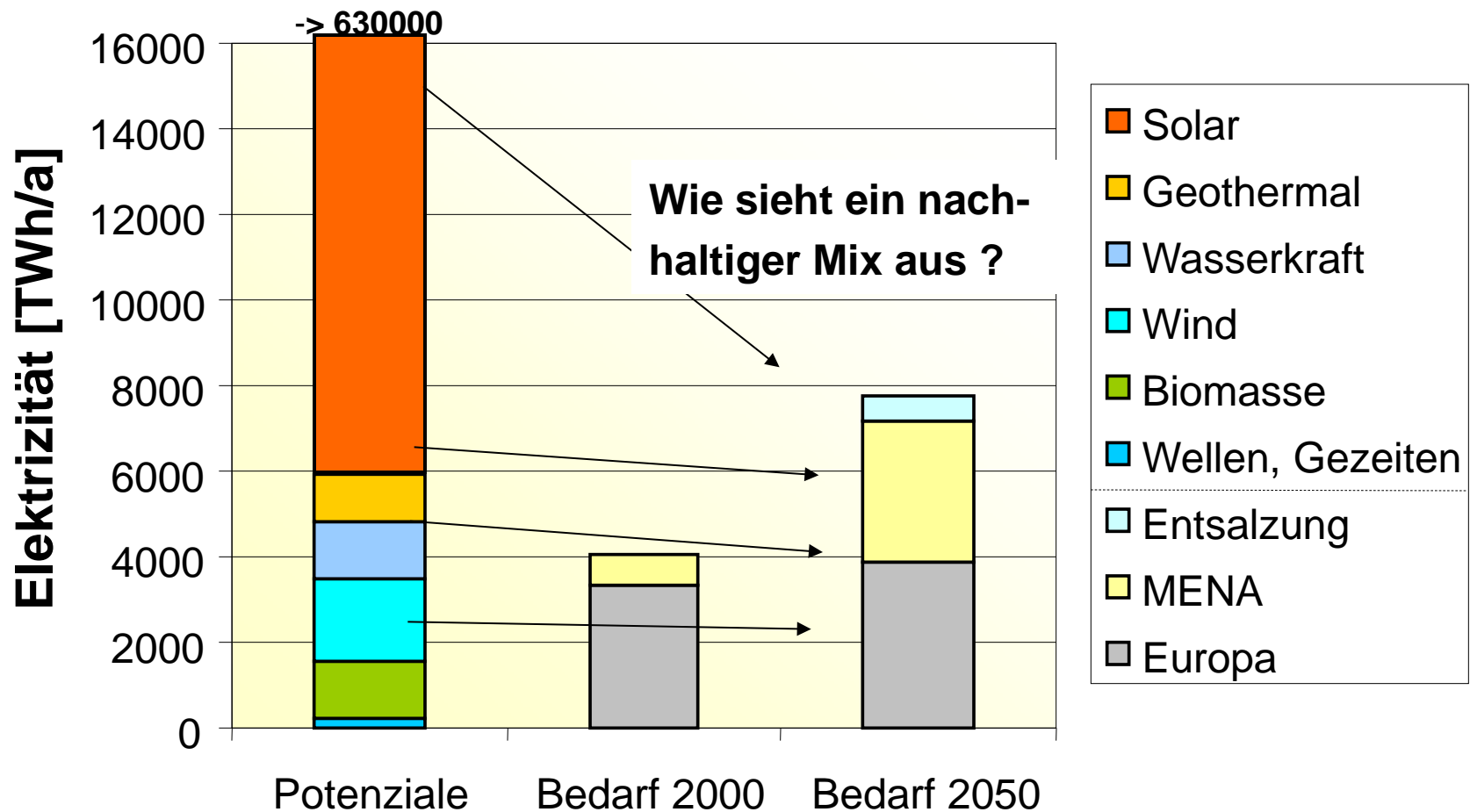
Wasserkraft (0-50)



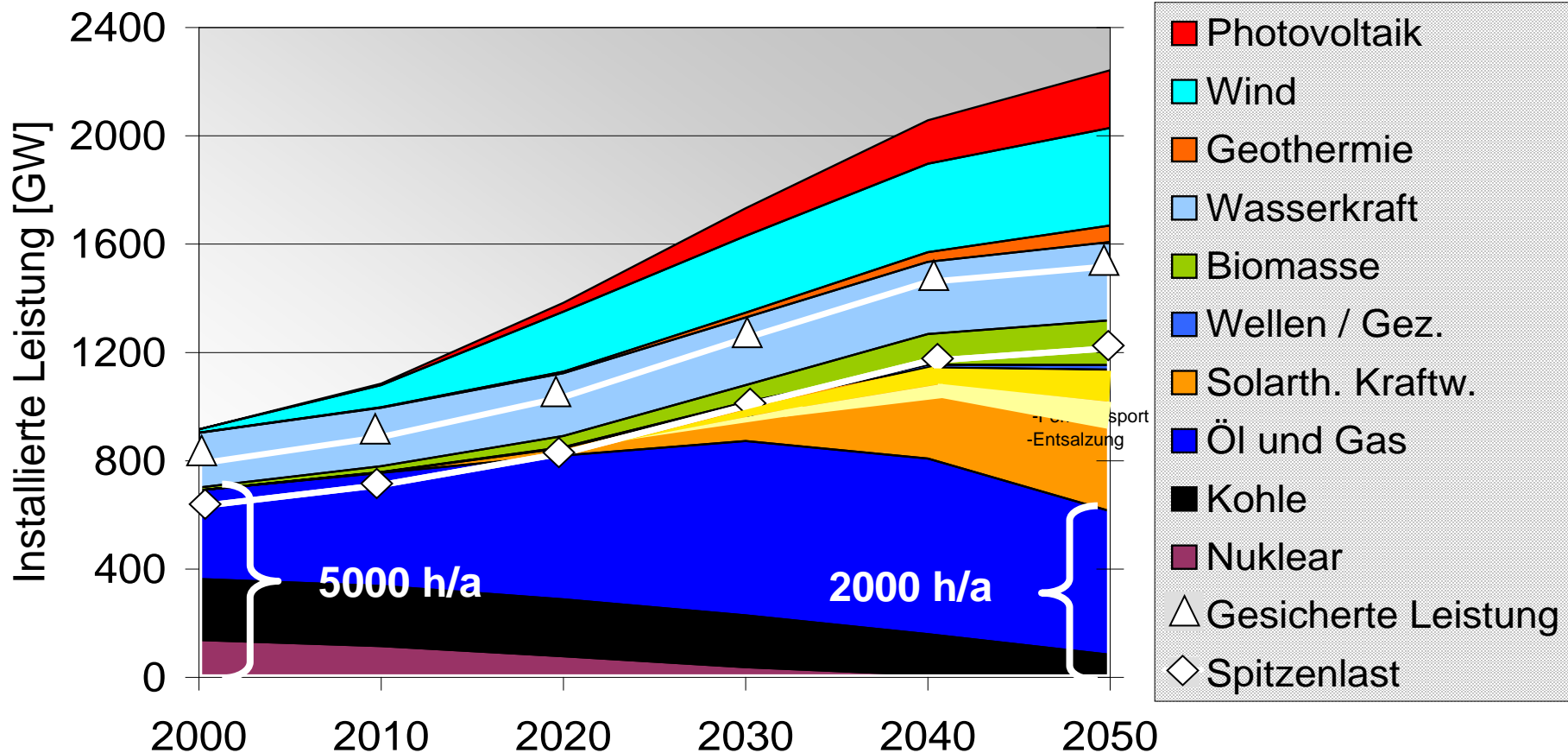
Stromertrag
in GWh/km²/a



Ökonomische Potenziale vs. Bedarf in EUMENA



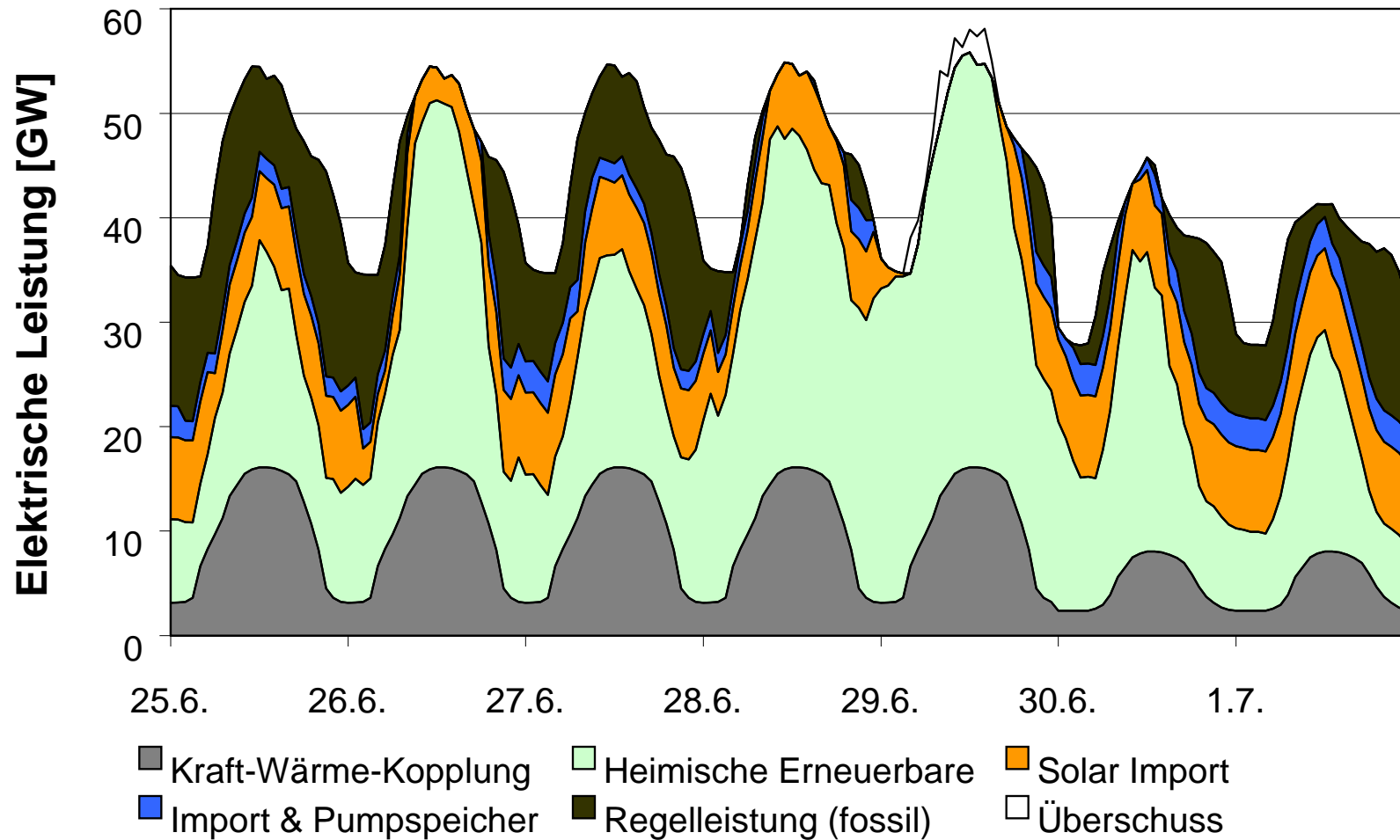
Installierte Leistung und Spitzenlast in EUMENA



➔ 100 % Verfügbarkeit + 25 % Reservekapazität



Leistung nach Bedarf: Fossile Brennstoffe decken (nur noch) Lastspitzen



Stundenmodellierung Deutschland 2050



Nebenwirkungen

Exportchancen für deutsche Industrie

Jobs und Wirtschaftswachstum für Länder im Sonnengürtel der Erde

- pro MW ein dauerhafter Arbeitsplatz für 25 Jahre Anlagenlaufzeit
- pro MW 10 temporäre Arbeitsplätze während zwei-jähriger Bauphase
- hohe lokale Wertschöpfung bei Fertigung und Aufbau des Solarfeldes



Zusammenfassung

Strom aus der Wüste

- Ist kein Science Fiction, die Technologien sind bereits verfügbar
 - Solarthermische Kraftwerke
 - Hochspannungsgleichstromübertragung
- Wird benötigt um ambitionierte Klimaschutzziele zu erreichen
 - Stromproduktion nach Bedarf durch integrierte Speicher
 - Stabilisierung der Stromnetze bei hohem Anteil erneuerbarer Energie
- Hat positive Nebenwirkungen
 - Exportchancen für deutsche Industrie
 - Verbesserung der Wirtschaftslage im südlichen Mittelmeerraum

Eine realistische Zukunftsvision

Aber die Umsetzung ist eine echte Herausforderung für Politik und Industrie

- Faire Kooperation der europäischen und nordafrikanischen Staaten und Unternehmen
- Stabile politische Verhältnisse als Voraussetzung für Investitionen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt: klaus.hennecke@dlr.de
Tel: +49 2203 601 3213



Lokale Fertigung



Solarfeld Errichtung – Fundamente und Pylone



Solarfeld Baugruppe – Stahl Elemente und Montagerahmen



Solarfeld Assembly - Ausfüllen der Sammler



Feldbetrieb und Wartung

- Betrieb des Solarfeldes
- Tägliche Funktionsprüfungen
- Spiegel und Receiver Reinigung
- Regelmäßige Wartung (Spiegel / Empfänger Ersatz)
- Außerplanmäßige Reparaturen
- Ersatzteile
- Versicherung und Sicherheit



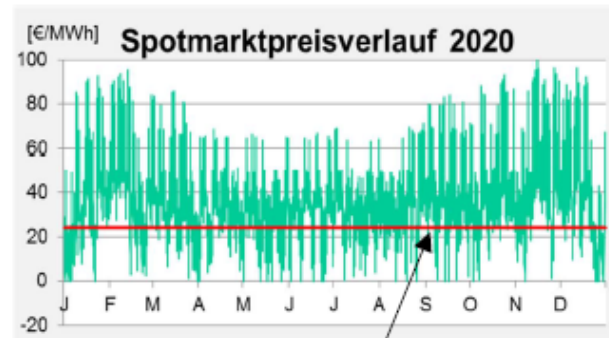
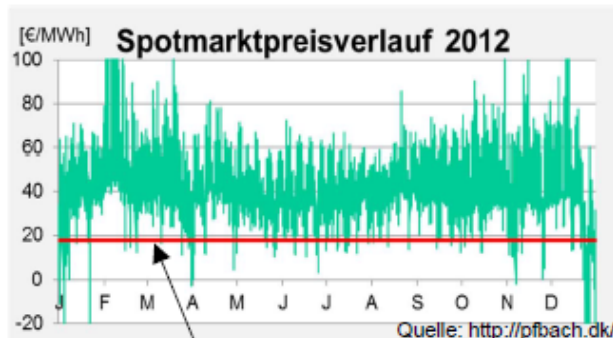
Future Option: Particle receiver

1st Test campaign:
Up to 900° C
demonstrated in
DLR High
Performance Solar
Simulator



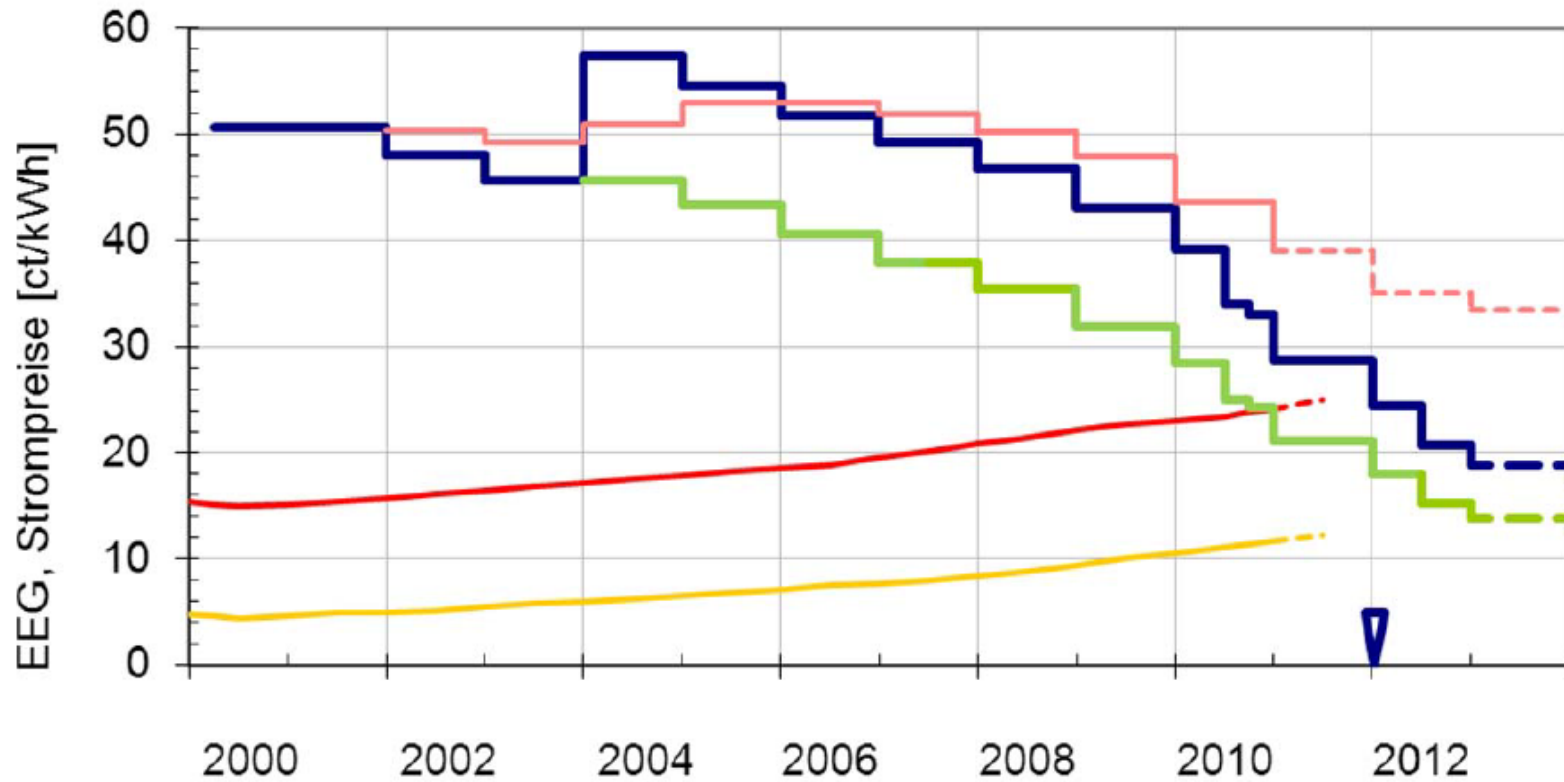
Mittelfristige Perspektive bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommarkt

- Konventionelle Kraftwerke und damit auch erdgasbasierte KWK-Anlagen werden zunehmend nicht zur Deckung der Stromnachfrage benötigt
- Vermehrt Phasen niedriger Börsenstrompreise



Oberhalb roter Linie ist KWK-Wärme günstiger als SLK-Wärme





■ PV neu, Gebäude/Lärmschutz klein

■ PV neu, Freifläche

■ PV durchschnittl. Vergütung

■ Strompreis Haushalte, brutto

■ Strompreis Industrie, netto

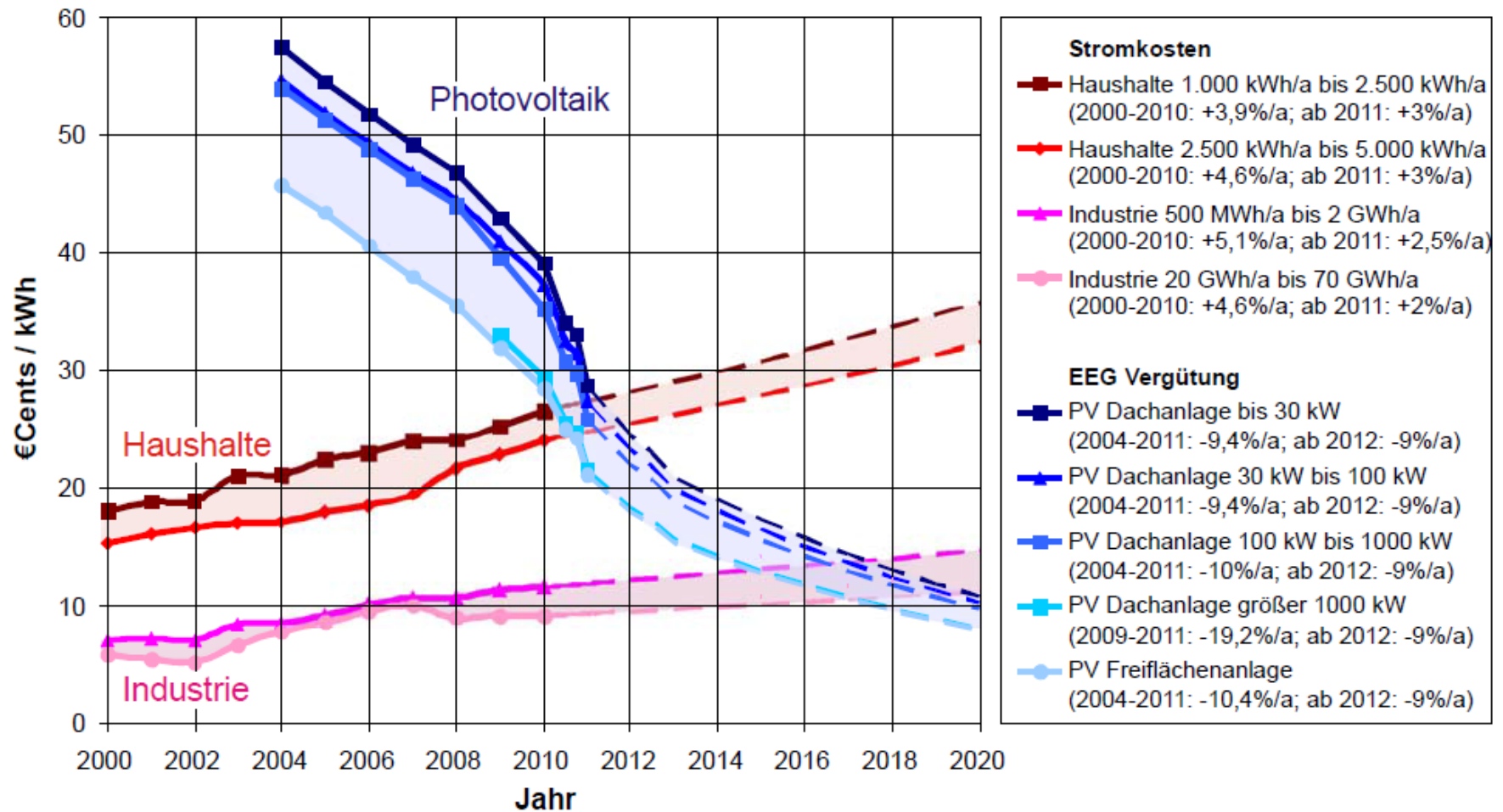
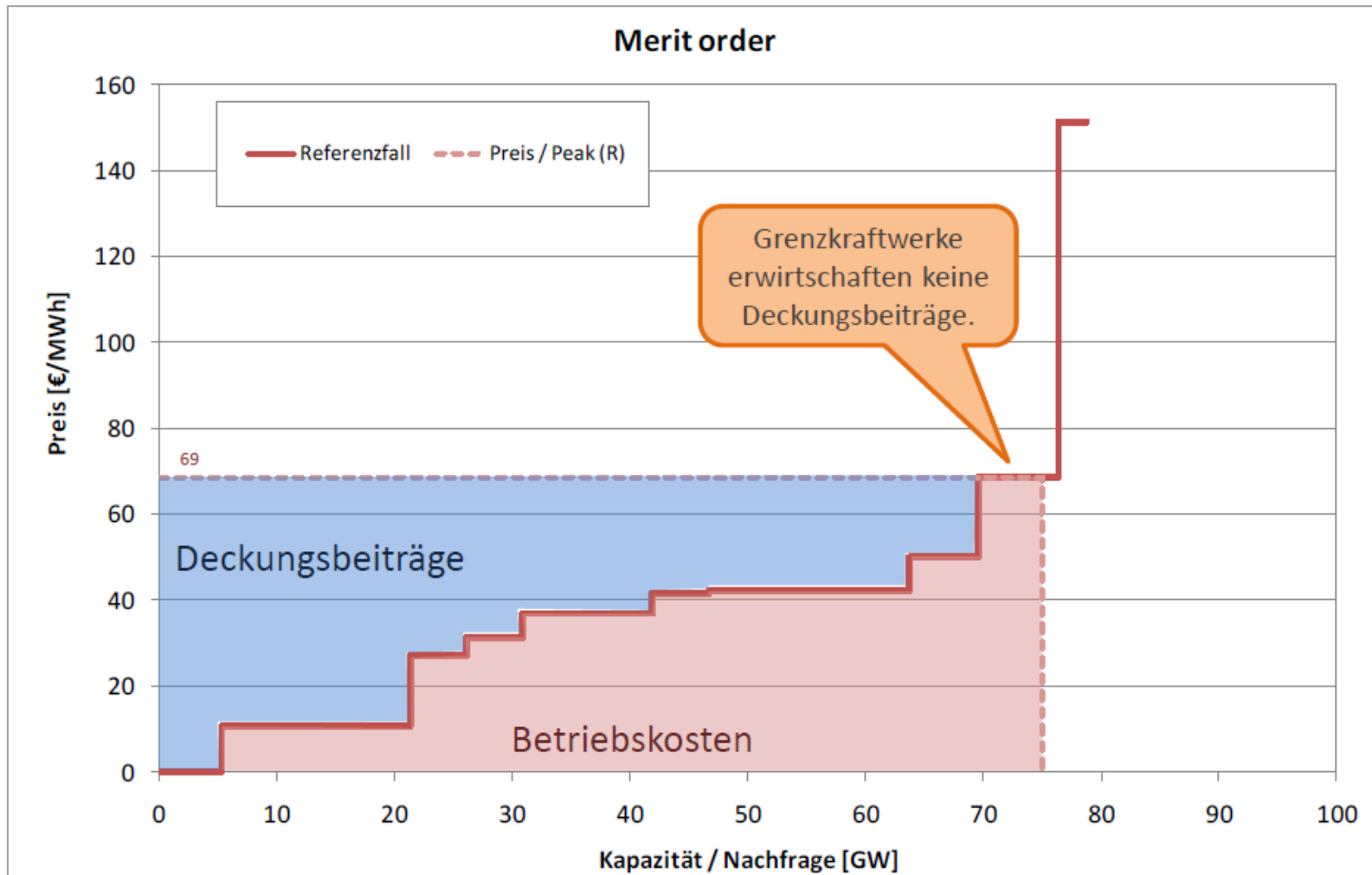


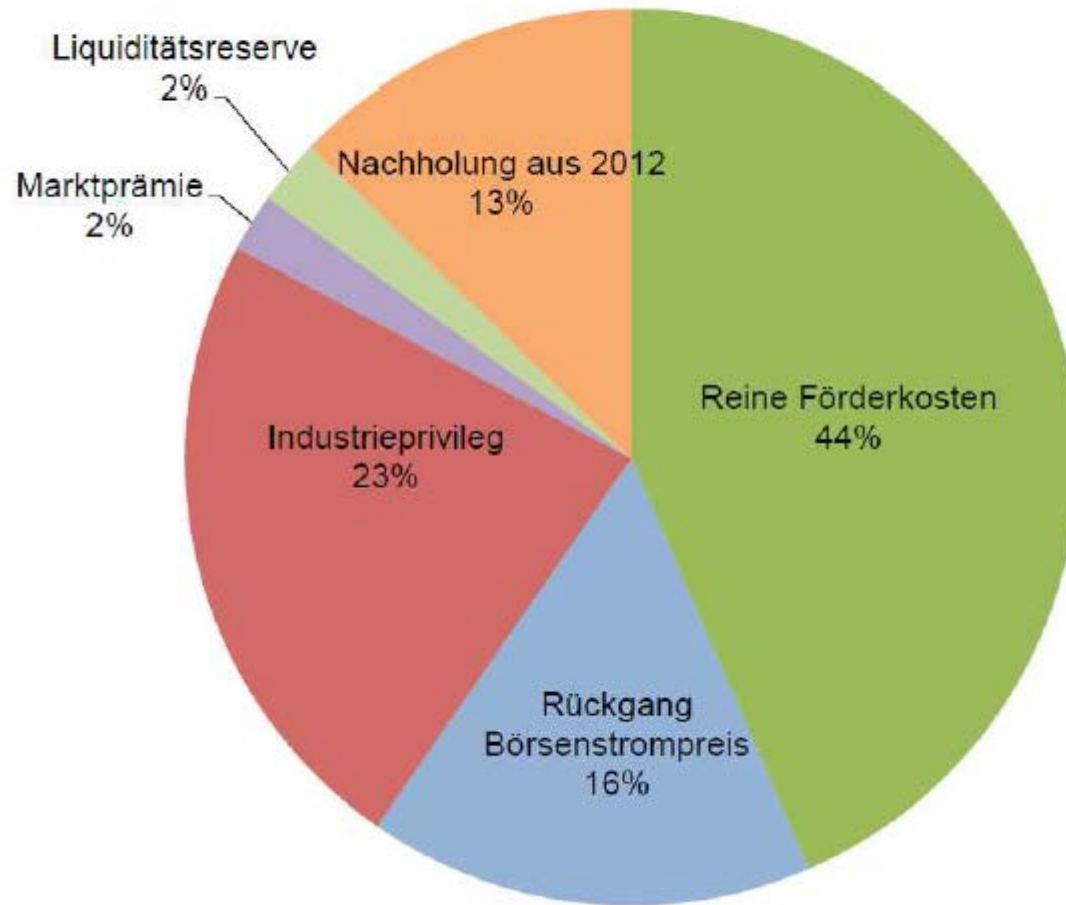
Abbildung 6: Prognose zur Vergütungs- und Strompreisentwicklung, Darstellung von Bruno Burger [FVEE]



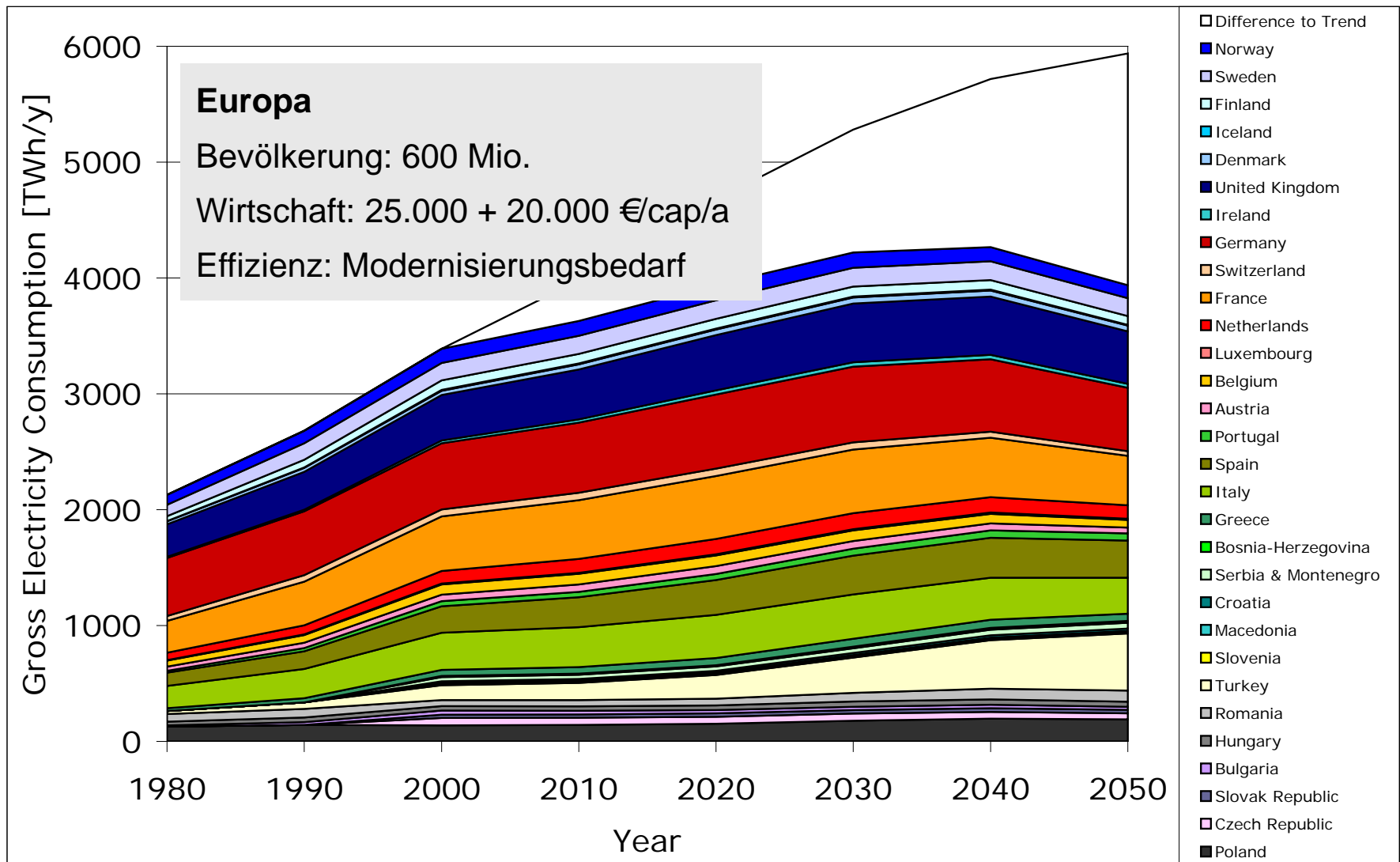


Bestandteile der EEG-Umlage 2013

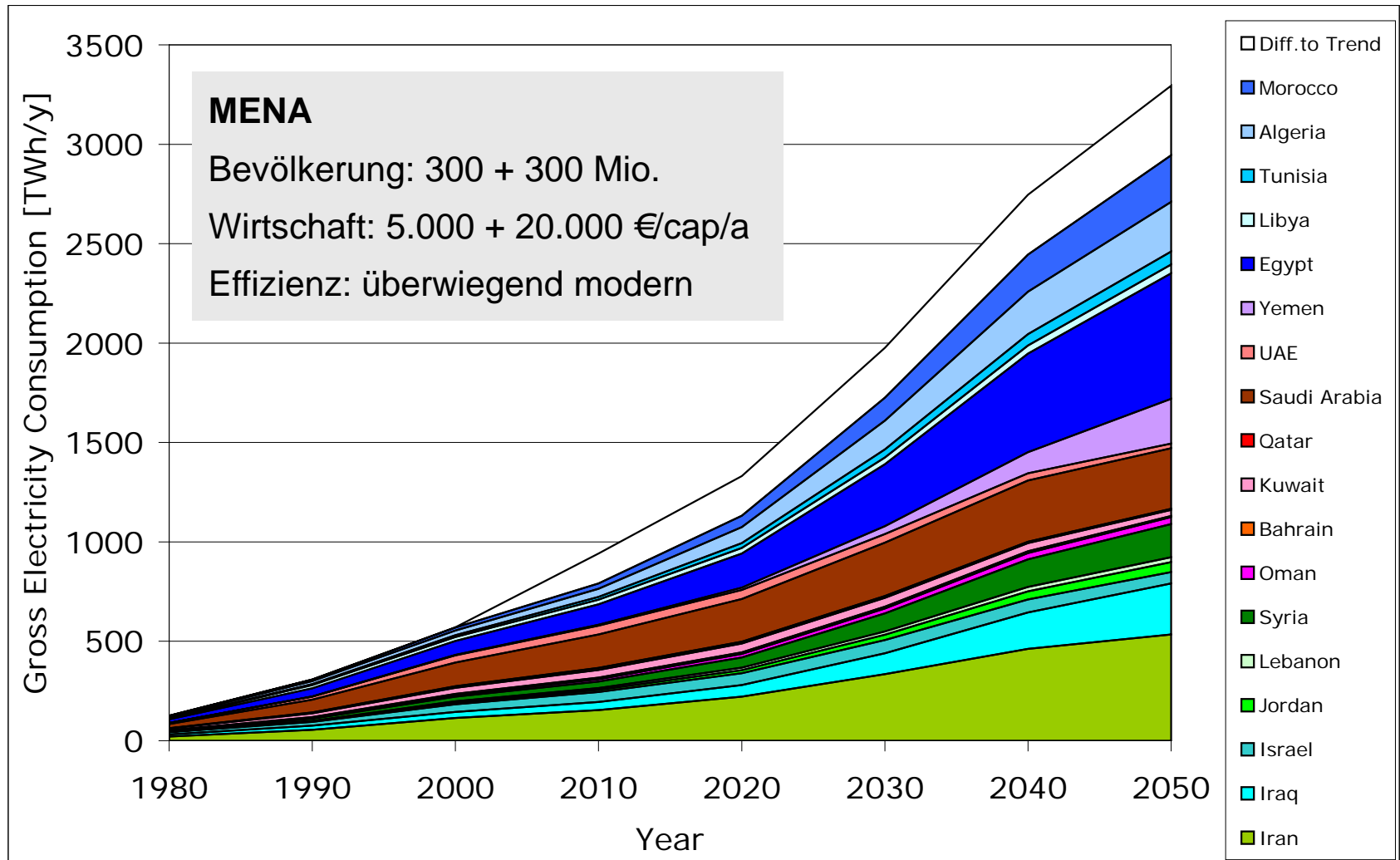
5,27 ct/kWh



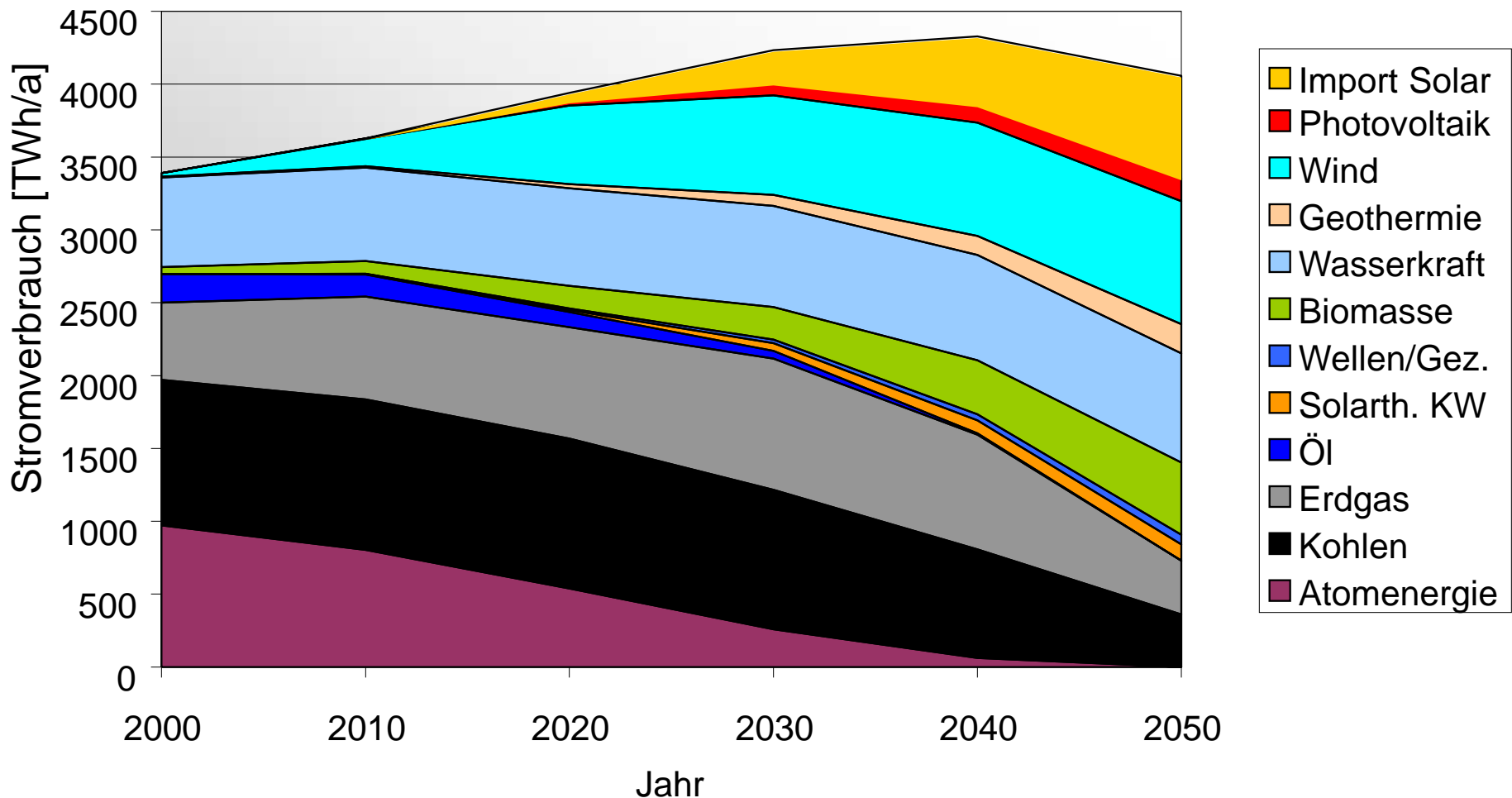
TRANS-CSP: Strombedarf in Europa



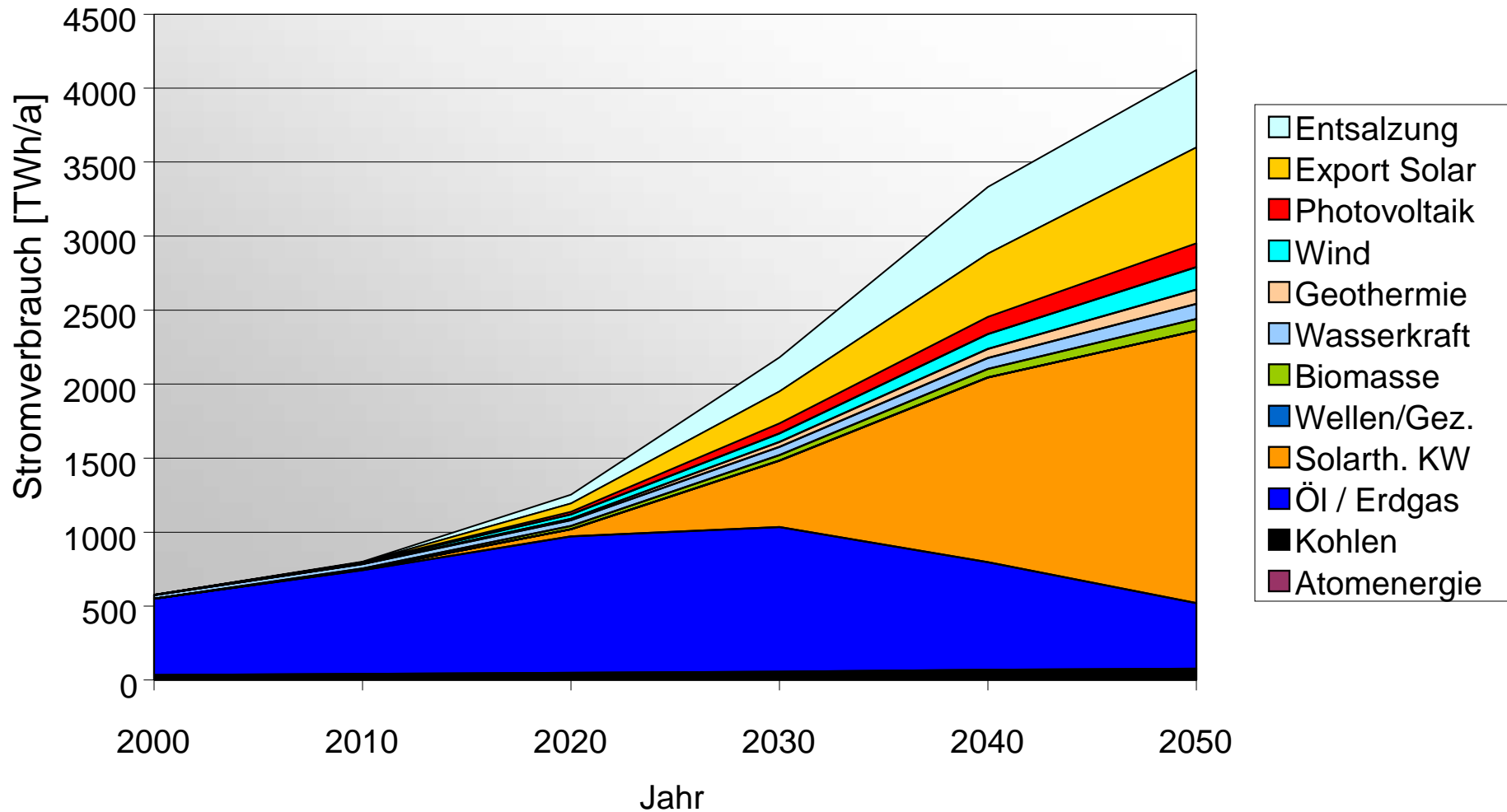
MED-CSP: Strombedarf im Mittleren Osten und Nordafrika



Strombedarf Europa (TRANS-CSP)

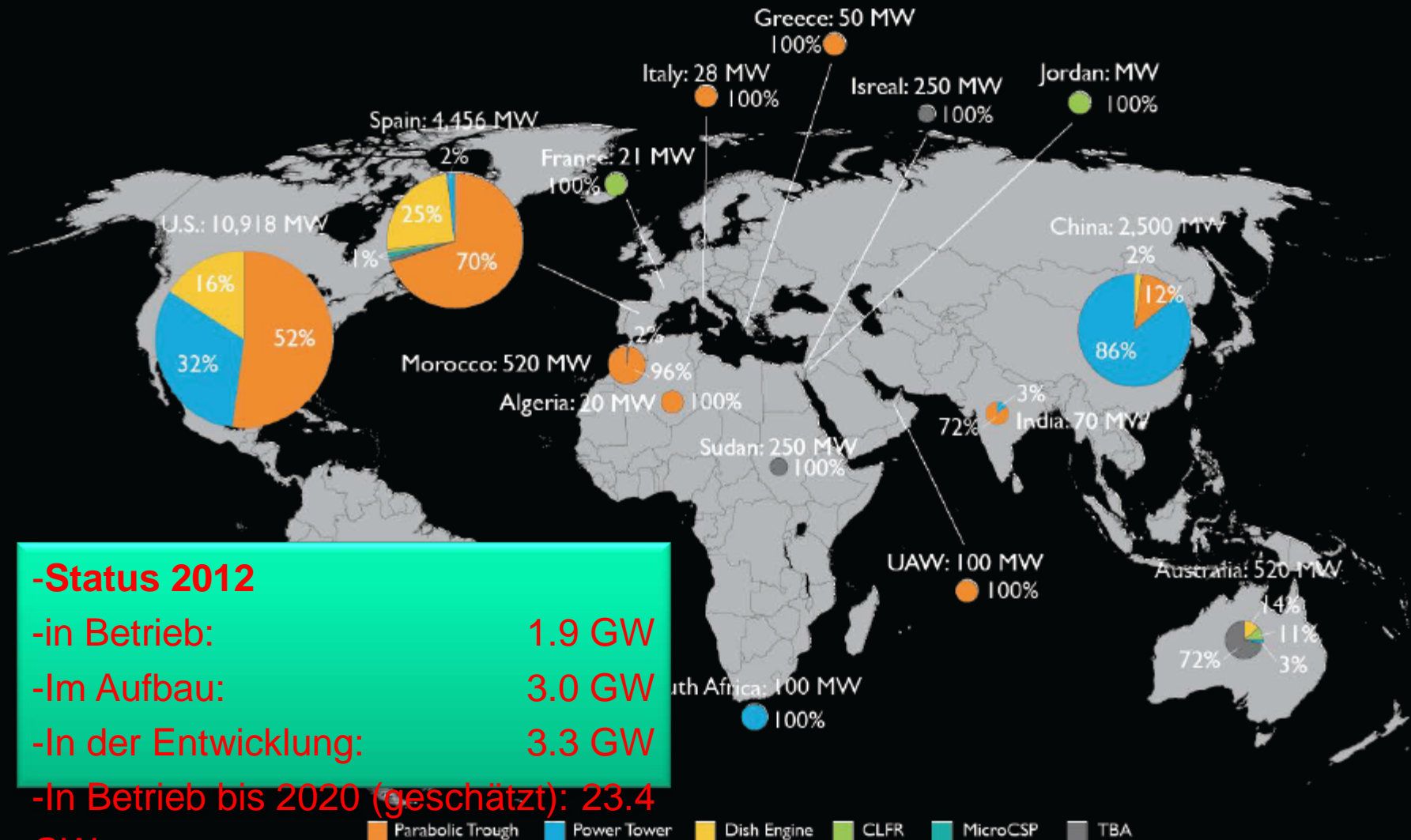


Strombedarf Mittlerer Osten und Nordafrika (MED-CSP)



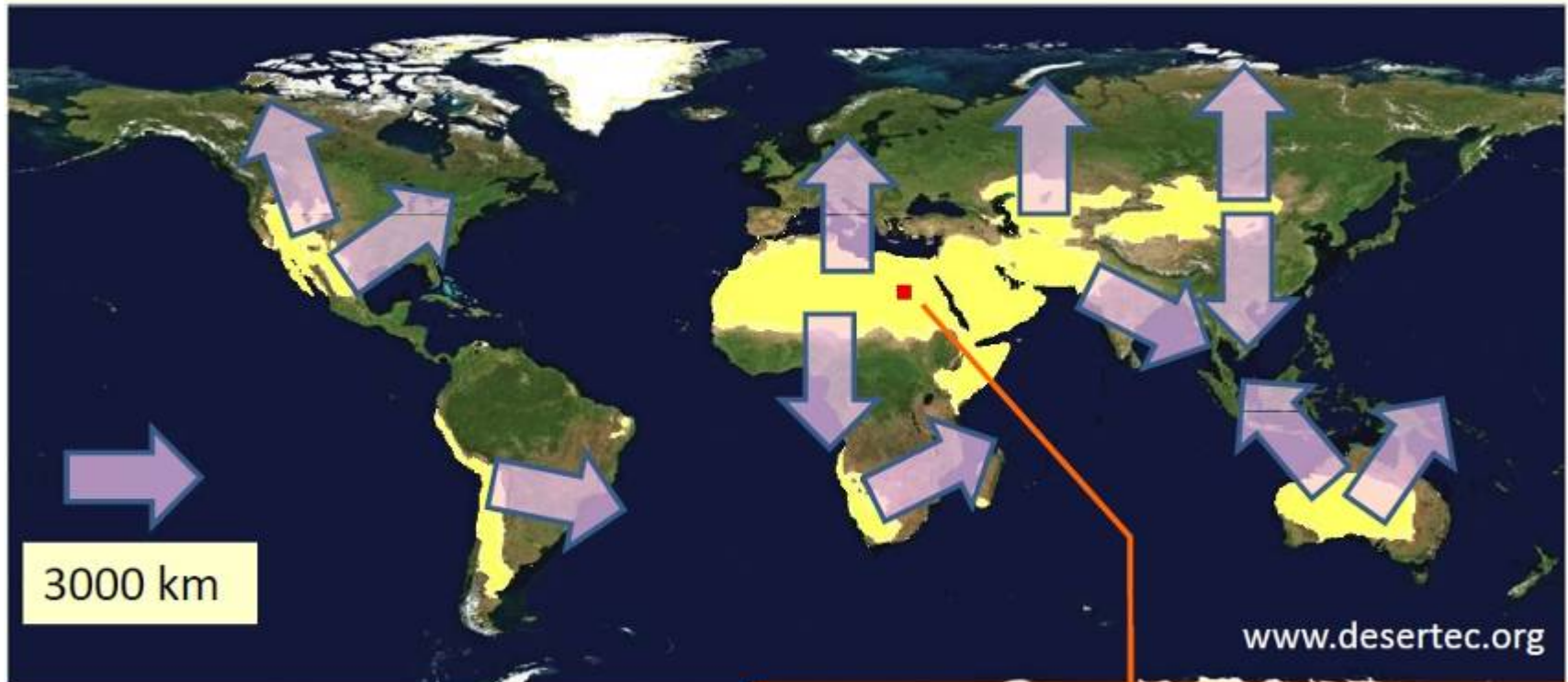
Global CSP Development Pipeline

CSP Plants Under Construction/Development (19.8 GW Total)



DESERTEC - WORLD

Clean Power from Deserts for a World with 10 billion People



More than 90% of world pop could be served by clean power from deserts !

Total desert space required for present world electricity demand (18,000 TWh)

Globales Technisches Potenzial: 3.000.000 TWh/a

Receiver Technologie

